

## YÜZEN MİMARİ TASARIM SÜREÇ MODELLEMESİNDE KURAL TABANLI KARAR VERME DESTEK MODELİ

Ayça TARTAR\*, Bilge IŞIK\* ve Yalçın ÜNSAN\*  
\* İstanbul Teknik Üniversitesi / [aycatartar@gmail.com](mailto:aycatartar@gmail.com), [unsany@itu.edu.tr](mailto:unsany@itu.edu.tr)

### ÖZET

Suyu, mimari tasarımda yapının yerleştiği alternatif tasarım alanı olarak düşündüğümüzde getirdiği fırsatlar; yeni fonksiyonlar için tasarım yapılmasına ve yüzen yerleşim oluşturma potansiyelinin değerlendirilmesine olanak sağlamasıdır. *Bu çalışmada yüzen bir yapının mühendislik tasarımının yanında, mimari tasarım sürecini etkileyen koşullar incelenmiştir.* Yüzen mimari yapıya etkileyen rüzgâr ve dalganın, kullanıcı konforunu azaltacak hareket etkilerinin ortaya çıkmasına neden olduğu görülmüştür. Çalışmada bu etkiler, yüzen mimari tasarım sürecinde aktif tasarım ögesi desteği olarak kullanılmıştır. Çevresel sınır koşullarını oluşturan rüzgâr ve dalganın, meydana getirdiği yanal yüklerin yüzen yapıya etkilediği noktadan, yapının bağlandığı zemine kadar olan aktarımı sürecinde meydana getirdiği yapı salınım hareketini oluşturan öncelikli etmenler, yapısal bütünlük açısından belirlenmiş, uzman sistemlerden yararlanarak değerlendirilmiş, yapıya etki derecesi kural tabanı haline dönüştürülmüş ve geliştirilen yöntemin yüzen mimari yapı tasarım süreci içinde yer alan yapı boyutlandırması aşamasında, yeni bir karar verme destek modeli önerisi olarak sunulması amaçlanmıştır. Kural tabanlı karar destek sistemi olarak bulanık mantıktan yararlanılmıştır. Yüzen yapı hareketini etkileyen dalga yüksekliği ile yapının borda yüksekliği, dalga uzunluğu ile dik geldiği yapı kenar boyutu ve rüzgâr hızı ile etkilediği üst yapı alanı arasındaki ilişkiler uzman kararı ile kurallar haline getirilmiştir. Dalga-rüzgâr etkisi altındaki yüzen mimari yapının, yapı tasarım süreci modellemesi için önerilen kurallar, 'Matlab' programı içinde kullanılmıştır. Yüzen mimari yapı tasarımında yeni ürün modellemesi sürecinde uzman karar destek sistemi kullanılmış, geliştirilen kural tabanı Matlab içinde uygulanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Yüzen mimari, süreç modelleme, kullanıcı konforu, kural tabanı, bulanık mantık.

### ABSTRACT

The intention of the study is to discuss the information about floating structures, then with the cooperative assistance of fuzzy logic, compose a ruled-based decision support method. The environmental conditions, user comfort vibration performance parameters and structure dimensions are converted into simple linguistic variables using fuzzy logic, providing a tool to help the designer to see all the possible set of solutions to meet the required objectives set by the designer. Motion effects causing vibration on human biodynamics discussed under the environmental parameters, with expert system approach, all frame the rule-based decision support model. The tool for analyzing data is fuzzy logic which works with linguistic variables within the decision support systems for evaluating design modeling with site-specific environmental data and recent research data of floating structures. Rule-bases formed in the study with three input parameters and an output is formed with expert view. With the support of expert view these general rule bases would be decreased into basic rule bases. In the concept design modeling step of floating architecture, the extreme flexibility, due to learning ability and the capability of nonlinear function of approximations of fuzzy logic makes the proposed model to be an appropriate tool for solving the motion characteristics of floating architectures user comfort needs, while overcoming complexity and non-linearity associated with wave-wind interaction. Human decision maker is setting the criteria, fuzzy logic linguistic

variables provide optimal rule-bases for these parameters, after getting the solutions the decision-maker modifies the dimensions of the structure and so on, until a desired solution matches the designer's complete preferences.

**Keywords:** Floating architecture, new product modeling, rule base, fuzzy logic, process modeling, user comfort.

## 1. Giriş

Dünya gelecek senaryolarını etkileyen iklim değişikliği ve şehirleşme hızındaki artış gibi öngörülemeyen gelişmelerin, gelecek mimari tasarımlara etkileri belirsizliğini korumaktadır. İklim değişikliği ve yol açacakları hakkındaki tahminlerin, belirsizliği azaltabilme başarısına karşın, dünya çapında engellenemeyen baskın belirsizliğin oluşturduğu ortamda, adapte olabilen stratejiler geliştirilmesinin, mimari tasarım problemlerinin çözümüne yararlı olabileceği düşünülmektedir. Çalışmada tartışılan yüzen mimari tasarım olgusu, dünyanın geleceğini etkileyen oluşumlar için adapte olabilen esnek bir strateji olarak önerilmektedir.

Alternatif tasarım alanı olarak düşündüğümüzde su ortamının zemin olarak yeni fonksiyonların gerektirdiği tasarımların gerçekleştirilmesine imkân verebilmesi ve yüzen yerleşim oluşturma potansiyelinin değerlendirilmesine zemin hazırlayabilmesi gibi nedenlerle tercih edildiği görülmektedir. Diğer açıdan baktığımızda ise, su üstü mimarisini bekleyen tehditler; iklim değişikliği ve su seviyelerindeki değişiklik sonucu yeni tasarım kaçınılmazlığının getirdiği acil yaklaşımların eksik ve kusurlu mimari yapılaşmaya neden olabileceği sorundur. Seller, su baskınları ve su seviyelerindeki değişimler gibi olumsuz çevresel afet ve oluşumların yarattığı insan yaşamını tehdit eden durumlarda ise, olağanüstü değişimlere karşı uyumlu strateji oluşturmamıza su üstü mimarinin destek olabileceği görülmüştür.

Yüzen mimari yapı ile yeni stratejiler oluştururken, şehircilik, mimari ve yapı teknolojisindeki süregelen tasarım süreci yaklaşımları yerine, tasarım ortamının gerektirdiği koşulları ve belirsizliği tahmin edebilecek daha üretken bir yaklaşıma ihtiyaç duyulduğu görülmüştür.

Su üstü mimarisinin önemli problemi olan yapının maruz kaldığı hareket ve salınımın kullanıcı konforuna etkisinin, çalışmadaki yaklaşımla, yüzen mimari yapı için tasarım süreci oluşturulurken, etkin bir tasarım ögesi olarak kullanılması önerilmiştir.

Yüzen mimarinin en zayıf yanı; yüzme özelliğinden kaynaklanan dalga, akıntı ve rüzgâr gibi çevresel hareketlere yapının yanal yük olarak sürekli maruz kalması ve bu sürekli hareketlerin insan biyodinamiği üzerinde sağlık açısından kullanıcı konforunu azaltıcı bir tehdit oluşturacak koşullara ulaşabilmesidir [4].

Çalışmada [1], yüzen mimari tasarımının zayıf yanları değerlendirilirken; hareket, titreşim ve yüzerlik etkilerinin aktif tasarım ögesi desteği olarak kullanılması durumunda tasarımı engelleyen bu alanların yeni ürün tasarım sürecine olumlu katkısı olacak şekilde dönüştürülebilmesi amaçlanmıştır.

Yüzen mimari yapı süreç tasarımının; kıyı yapıları, deniz teknolojileri, mimari yapı teknolojileri ve insan biyodinamiği gibi farklı disiplin alanlarını içeren bir çalışma içinde tartışılması ve çok amaçlı ve çok kriterli yaklaşılması gerekmektedir.

Çalışmadaki problemin çözümü için önerilen yaklaşım; öncelikli olarak bütünleştiren yukarıdaki tasarım öğeleri ile kural tabanlı mantık algısı ve uzman sistemler karar destek yaklaşımı ile yüzer mimari tasarım için yeni tasarım metodu önerisi geliştirmektir. Yüzer mimari tasarım alanında çalışan mimarlara, yeni ürün tasarım modellemesi ile katkı düşünülmüştür.

Çalışmada yüzen mimari tasarım süreci incelendiğinde;

- Fırsatlar; hareketli ve esnek yapısıyla olağanüstü değişimlere adapte olabilen strateji geliştirme olanağı sağlaması,
- Tehditler; küresel ısınma ve iklim değişikliği ile sel ve su baskınları problemlerine açık olması,
- Üstünlük; yeni fonksiyonlara cevap verebildiği için tercih edilen tasarım metodu olması ve manzarası ve doğaya yakınlığı ile tercih edilen yaşam alanı olması,
- Zayıflıklar ise; yeni ürün tasarımı geliştirilmesi gerekliliği ve insan biyodinamiği ve kullanıcı konforu açısından titreşim faktörünün iyileştirilmesi gerekliliğidir.

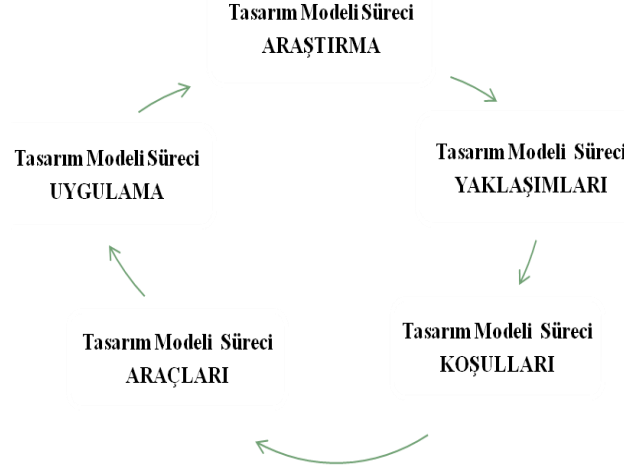
İnsanoğlu su ve kara arasındaki sınırlarda yaşamayı tercih etmiştir. Birleşmiş Milletler Nüfus Fonu 2010 verilerine göre dünyadaki 25 büyük nüfus yoğunluklu şehirden 21'i okyanus, deniz veya nehir kıyısında kurulmuştur. Çeşitli nüfus yoğunluğu haritalarında görüldüğü gibi su ve kara arasındaki sınırların yaklaşık olarak %84 oranla tercih edilen yaşam alanı olduğu kabul edilmektedir.

Le Corbusier [10]'in belirttiği gibi, konutun içinde yaşamak için bir makine olduğu kabul edildiğinde, makinenin yani mimari yapının özünde seçimi yaptıran ekonomik etkeni barındırdığını da kabul etmemiz gerekmektedir. Tarihten günümüze su kenarında yaşama nedenlerini incelediğimizde bunların; yiyecek kaynaklarına yakın olma, ticaret, barınma-korunma, ekonomik faydalar; ulaşım kolaylıkları ve uygun maliyet gibi nedenlere dayandığı görülmektedir. Günümüzde ise yüzen mimari, farklı fonksiyonlar için tasarlanmaktadır; yüzen stadyumlar, yüzen tenis kortları ve yüzen yüzme havuzları gibi spor amaçlı olanların yanında yüzen konser alanları, yüzen adalar gibi eğlence ve dinlenme fonksiyonları, yüzen denizaltı otelleri gibi turizm amaçlı, yüzen konferans salonları ve yüzen müzeler gibi kültürel amaçlı yeni fonksiyonlar için tercih edilmektedirler.

İklim değişikliği ve doğal afetlerin oluşturduğu sellerin, su baskınlarının ve kasırgaların, kıyı bölgelerinde su seviyesinin yükselmesi problemlerine yol açacağı öngörülmektedir. [8] %84 gibi büyük bir oranda su ve kara arasındaki sınırlarda ve kıyılarda yerleşmeyi tercih eden dünya nüfusunun da bu olumsuzluklardan çok büyük bir şekilde etkileneceği tahmin edilmektedir. Çalışmada, su seviyesindeki artış ve etkilenen nüfus miktarı ve sular altında kalacak alan büyüklüklerinin yol açacağı çeşitli problemlere, yüzen mimari yapı tasarım sürecinin iyileştirilmesiyle bir katkı sağlanmaya çalışılmıştır. Yüzen mimarinin geliştirilmeye çalışılmasının en önemli nedenlerinden biri de, su seviyesindeki artıştan etkilenecek nüfusun, yüzen mimariye yönlendirilerek, afetlerden etkilenme riskini en aza indirebilmektir. Yüzen mimariye yapılacak yatırımın afet riskini önlemek için yapılan bir hazırlık yatırımı olarak kabul edilmesi gerekmektedir.

## 2. Yaklaşım ve Yöntem

Çalışmanın amacı yüzer mimari süreç tasarımı için yeni bir metot geliştirmektir. Bunun için yeni bir yaklaşımla çalışmanın kendisinde de belirli bir süreç şeması oluşturulmuştur. Çalışmanın süreç şeması, Şekil 1'deki bölümlerin birbirini izleyen ve tetikleyen oluşumları şeklindedir.



Şekil 1. Çalışmanın süreç şeması

Sürecin ilk aşaması araştırmadır. Araştırmadan çıkan sonuçlara göre ortaya çıkan probleme, uzman görüşüne başvurularak disiplinler arası bir çalışma ile yaklaşım tarzları belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen problemin içerdiği koşullar ve problemin bu koşullar içinde ele alınış kapsamı belirlenmiştir. Bu kapsam ve koşullar içindeki probleme seçilen yaklaşım tarzına en uygun problem çözme araçları belirlendikten sonra uygulamaya geçilmiştir. Şekil 1'deki şemada görüldüğü gibi alınan kararlarla tasarım probleminde bir çözüm metodu önerilmektedir. Önerilen metodun uygulaması ile ise yapı 3. tasarım aşaması olan ana fizibilite evresinde öncül ana boyut tasarım kararları için karar destek sağlanması amaçlanmaktadır [2].

## 3. Araştırma

Çalışmanın araştırma alanına ait süreç şeması oluşturulurken ilk olarak yüzen mimaride tasarım süreci modeli oluşturma metodları incelenmiştir. Yüzer mimari tasarım sürecinde karşılaşılabilecek problemler araştırılmıştır. Problemlerin çözüm yaklaşımları ise deniz teknolojisi, gemi inşaat mühendisliği ve yapı teknolojisi gibi disiplinler arası literatürden elde edilen bilgilerle belirlenmiştir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi çalışmadaki ilk adım olan araştırma safhasında, üç aşamalı olarak üç tasarım faktörünün birbirleriyle olan ilişkisi içinde dış çevresel etmenler, içsel\_bilişimsel etmenler ve bu iki etmenin disiplinler arası bilgilerle desteklendiği

disiplinler arası etmenleri içeren tasarım faktörleri bütüncül bir yaklaşımla tartışılmıştır. Araştırmadaki süreç şeması Tablo 2-4'deki gibi tasarım faktörleri aşamaları ve belirlenen etmenler çerçevesinde değerlendirilmiştir.

**Tablo 1.** Aşama ve etmen ilişkisi

Tasarım faktörü olarak tasarım aşamalarının tasarım etmenleriyle ilişkisi			
Aşamalar	1.tasarım faktörü	2.tasarım faktörü	3.tasarım faktörü
Etmenler	dış-çevresel	İçsel-bilişimsel	disiplinlerarası

Çalışmadaki araştırma sürecinde yüzen mimari süreç tasarımı problemini çözebilmek için en uygun yaklaşımların; çevresel tasarım, performans tabanlı tasarım, yeni ürün geliştirme ve ürün-süreç tasarımı yaklaşımlarının olduğu görülmüştür. Yaklaşımlar ve yüzen yapı süreç tasarımı oluşturulurken, kapsam içinde seçilen sistemin gerektirdiği koşulların sınırları içinde kullanılması gerektiğinden, çalışmanın araştırma bölümünde istenen koşulların neler olması gerektiğine de literatür ve diğer çalışmalar üzerinden yapılan araştırmalar sonucu karar verilmiştir.

Yüzen mimari tasarım süreci için kullanılacak araçların belirlenmesinde ise yüzen mimari yapının içinde bulunduğu çevresel koşulların belirsizliği ve tahmin edilemezliğinin büyük rol oynadığı görülmüştür.

**Tablo 2.** Dış çevresel etmenler

Dış - çevresel etmenler
Rüzgâr, çarpışma, kar, yağmur verileri
Yüzen yapı ve üst yapının ağırlıkları
Yer çekim merkezi ve yapının formu
Suyun kimyasal ve biyolojik etkileri
Dalga ve akıntı verileri
Bağlama bölümleri ve kabloları
Zemin karakteristikleri verisi

**Tablo 3.** İç-bilişimsel etmenler

İçsel – bilişimsel etmenler
Yapı bilgi sistemleri ve bilgisayar uygulamaları
Uzman sistemler ve değerlendirme sistemleri
Dilbilimsel yaklaşım ve programlama dilleri
Kural tabanlı karar destek sistemleri
Süreç modelleme uygulamaları
Yeni ürün modelleme uygulamaları
Bulanık mantık uygulamaları

**Tablo 4.** Disiplinler arası etmenler

Disiplinler arası etmenler
Mimarlık ve iç mimarlık
Gemi inşaat mühendisliği.
Kıyı yapıları mühendisliği
Bilgisayar ve kontrol mühendisliği
İnşaat mühendisliği
Kinematik-insan biyodinamiği-ergonomi

Zadeh'in [14] belirttiği gibi bulanık mantık, yüksek belirsizlik içeren durumlarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise yüzen mimari yapıların tasarım sürecindeki yüksek belirsizlik, bulanık mantığın yüzen mimari tasarım sürecinde karar destek sistemi olarak kullanılmasına neden olmuştur. Çalışmada seçilen araç olan bulanık mantık, uygulama olarak Matlab programı ile çevresel ölçütlerin ve titreşim performans değerlerinin karşılıklı olarak uzman görüşüyle değerlendirilmesinde ve araştırmadaki problemin dilbilimsel karar destek sistemi olarak kural tabanı haline getirilmesi aşamasında kullanılmıştır [11]. Bu şekilde çalışmada yüzen mimari yapı boyutlandırmasında rüzgâr-dalga ilişkisi içinde hareket etkisi altındaki yapı kullanıcıları için istenen konfor değerlerinin belirlenebilmesi için uzman görüşüyle geliştirilen kural tabanı ileride yapılacak yüzen mimari yapılar için bir karar destek sistemi olarak kullanılmak üzere önerilmiştir.

#### 4. Yaklaşımlar

Yüzen mimari yapı tasarım süreç modeli oluşturulurken araştırma safhasında ortaya çıkan problem alanları açısından düşünüldüğünde ana modele en uygun yaklaşımlar olarak; çevresel tasarım yaklaşımı, performans tabanlı tasarım yaklaşımı, yeni ürün geliştirme yaklaşımı ve ürün-süreç modelleme yaklaşımlarının olduğu ve bu yaklaşımlarla problemin ele alınması gerektiği kabul edilerek çalışma yönlendirilmiştir. Yüzen mimari tasarımı etkileyen en önemli parametrelerin dalga, rüzgâr ve akıntı gibi yapıya bağlı olmayan çevresel kriterler olduğu kabul edildiğinde yüzen mimari süreç tasarımına yaklaşımın, çalışmada çevresel tasarım yaklaşımı olması ve kriterlerin çevresel tasarım odaklı öğelerden oluşturulmasına karar verilmiştir. Bu kararı alırken gemi inşaat mühendisliği, mimarlık alanı ve yapı teknolojileri bölümlerinden uzmanlara görüşülerek karar verilmiştir.

Çevresel tasarım yaklaşımı olarak yüzen yapı süreç tasarımı içinde dalga ve rüzgârın mimari boyutlandırmaya olan etkilerinin incelenmesinin nedeni aynı zamanda performans tabanlı bir yaklaşımla yüzen yapı tasarımında kullanıcı konforunu etkileyen hareketlere; rüzgâr ve dalganın neden olmasıdır. Kullanıcı konforu olarak değerlendirildiğinde hareketler, yüzen mimari yapı konforu olmaktan çok insan sağlığını tehdit eden ve mimari yapının tercih edilmemesine neden olabilecek en önemli yapı performans değeri olan insan sağlığını tehdit ettiği görülmektedir. Bu açıdan bakılarak

performans tabanlı tasarım ögesi olarak yapı hareketlerinin dezavantajlı etkilerinin yeni ürün geliştirmedeki ihtiyaç olarak kullanılması gerektiği düşünülmüştür [5]. Bu ihtiyacın ise ürün süreç modelleme yaklaşımı içinde bir gereklilik olarak ele alınıp tasarımı geliştiren bir pozitif tasarım ögesi olarak kullanılması amaçlanmıştır. Çevresel tasarıma etkiyen öğeler olarak dalga-rüzgâr etkisinin yapı hareket performansına etkisinin değerlendirilmesi için yeni ürün tasarımı yaklaşımı çalışmada kullanılmıştır. Tablo 5’de yapı hareketinin olduğu etki alanları ve yapı hareketi nedenleri incelenerek yeni ürün geliştirme yaklaşımındaki ihtiyacın yapıdaki hareketlerin mümkün olan en aza indirildiği yüzen yapıyı tasarlamak olduğu görülmüştür.

Bunun için geliştirilmesi gereken yapı tasarım kriterleri; yüzen mimari yapının boyutlandırılmasında dalga-rüzgâr yapının hareket performansına etki kriterleri, uzman görüşüne başvurularak belirlenmiştir. Hareketler, yapı boyutlandırılması ve dalga-rüzgâr etkisinin uzman görüşüyle yapılan değerlendirmeleri ise ürün-süreç tasarımı yaklaşımıyla yapı mimari tasarım sürecinde değerlendirilmiştir. Mimari tasarımda karar destek sistemi oluşturulurken bu yaklaşımlarla kural tabanı mantığının oluşturulmasına çalışılmıştır.

**Tablo 5.** Yapı hareketinin olduğu etki alanları ve yapı hareketi nedenleri

Hareketin etki alanı	Hareketin nedenleri
Zemin	Zemin özellikleri, malzeme korozyonu, yük aktarımı, kazalar
Bağlanma	Zemin özellikleri, malzeme korozyonu, yük aktarımı, kazalar, dalga, rüzgâr
Akıntı	Yük aktarımı, bağlanma, gergiler, yapı formu
Dalga	Yük aktarımı, bağlanma, gergiler, yapı formu
Rüzgâr	Yük aktarımı, bağlanma, gergiler, yapı formu
Ekstrem	Hepsini etkiler

## 5. Koşullar

Çalışmada incelenen yüzen mimari yapı sistemi; bağlı açık deniz tesisleri arasında kabul edilmektedir. Bağlı açık deniz tesisi ise; açık denizde devamlı olarak veya belirli bir süre için çalıştırılmak üzere tasarlanmış ve deniz tabanına bağlı olan, çeşitli maksatlı tesisler arasındadır.

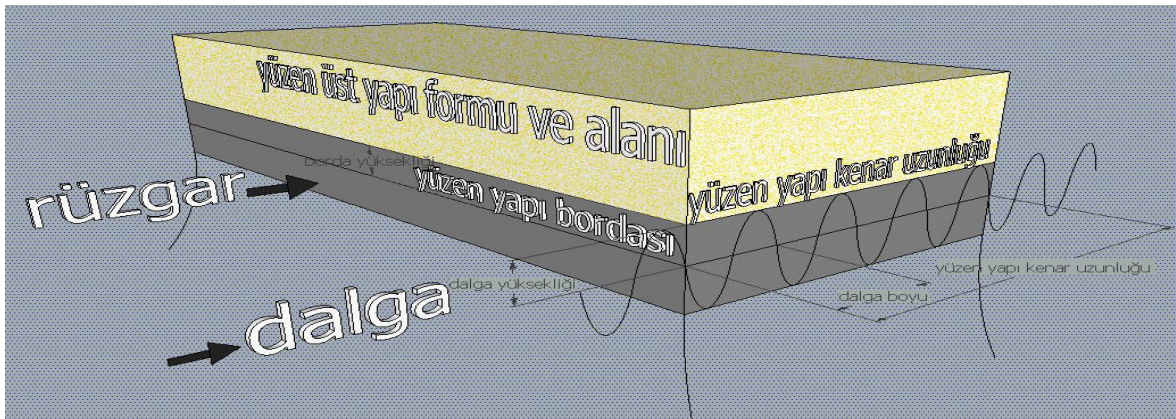
Çalışmadaki yüzen mimari tasarım yapım sistemi; zemine gerdirmeli demirleme elemanlarıyla bağlı sephiyeli yapılar (germe ayaklı platformlar) arasındadır. Yüzen mimari yapı konut amaçlı yapılacaksa yüzen ev olarak adlandırılmaktadır. Yüzen ev ise; ev olarak tasarlanmış ya da bu amaca yönelik dönüştürülmüş itilerek veya yedeklenerek sevk edilen, deniz araçlarıdır. Şekil 2’de görüldüğü üzere çalışmada incelenen sistem şematik olarak tarif edilmiştir. Şekil 3’de parametreler arasındaki ilişkilerin oluşturduğu çalışmada önerilen model verilmektedir.



Şekil 2. Parametreler arasındaki ilişki

Şekil 3’de görüldüğü gibi bu az sayıdaki baskın kuvvetlerin dalga ve rüzgârın yanal yük etkileri olduğu kabul edilmekte ve yüzen mimari yapılara ait hesaplamalar bu iki kuvvet üzerinden yapılmaktadır [3].

Yüzen yapılar yer çekim kuvvetine, dalga kuvvetlerine, sephiye vs. kuvvetlere maruz kalmaktadır. Yüzen yapıya etkiyen tüm bu kuvvetlerin dinamik benzerliklerini sağlayabilecek ölçekli gerçek bir model bulunmamaktadır. Dinamik benzerliklerin tümünü sağlayan bir benzeştirme modeli ise gerekli değildir, çünkü sadece yukarıda bahsedilen kuvvetlerin çok azı yüzen yapıların dinamik hareketlerini etkilemektedir. [9].



Şekil 3. Model

Çalışmanın bu kısmında da dalga yüksekliği ve dalga boyu ile rüzgâr hızının yüzen mimari yapı tasarımına etkileri üzerinden uzman görüşüne başvurulmuştur.



Yüzen yapının geometrik olarak doğru kütle/ağırlık dağılımına sahip olması gerekmektedir ki istenen yüzme özellikleri ve kütle momenti elde edilebilsin.

Yüzen yapı tasarım sürecindeki belirsizliği modelleme çabasında, çevresel koşul değişkenliğinin gözlemlenmesi ve karar verme sürecindeki eksik bilginin düzenlenmesi gerekmektedir [5].

Dış koşulların etkileri ve yüzen mimari yapının tasarımına etkisi açısından uzman görüşüne başvurulmuş ve Şekil 4’de ki geliştirilecek model için önerilen şemaya ulaşılmıştır. Çalışmada bu şema kullanılmıştır.



Şekil 4. Koşullar [7].

### 5.1 Rüzgâr hızı – üst yapı alanı

Rüzgâr hızı ile yüzen yapı su hattı üstüne dik gelen rüzgârın etkilediği alan arasındaki ilişki çalışmada yüzen mimari tasarım süreci parametresi olarak kullanılmıştır. Su hattı üstündeki rüzgârın dik etkilediği alanın boyutu ve geometrisinin rüzgâr hızına bağlı olarak yaptığı yanal basıncın, yüzen mimari yapı hareketine etkisi ile kullanıcı konforunu etkileme derecesi, uzman görüşüne başvurularak bulanık mantık derecelendirme sistemi ile beşe ayrılmıştır. Çalışmada rüzgâr hızı ve rüzgârın dik geldiği alan ve rüzgârın dik geldiği alanın geometrik formu ile ilgili kullanılan formül aşağıdaki gibidir.

$$P= 0,5.d.c_w.a_1.v^2.z \quad (1)$$

- d:* Hava yoğunluğu ( 1.255 kg/m<sup>3</sup> )  
*v:* Rüzgar hızı ( m/sn )  
*a<sub>1</sub>:* Su hattı üstü rüzgârın dik geldiği alan (m<sup>2</sup> )  
*c<sub>w</sub>:* Su üstü hattı formunun direnç katsayısı  
*z:* Koordinat yüksekliği

Rüzgâr- dalga arasındaki beşerli derecelendirme Beaufort sayısı olarak bilinen, dalga yüksekliği ve rüzgâr hızı arasındaki genel bir ilişki derecelendirilmesi örnek alınarak çalışmaya uygun boyutlara getirilerek kullanılmıştır.

### 5.2 Dalga yüksekliği - borda yüksekliği

Yüzen yapının su hattı; su ile yaşam alanlarının başladığı zemin arasındaki uzunluk yüzen mimari tasarım süreci parametresi olarak kullanılmıştır. Bu yapıya gelen dalganın dalga yüksekliğine bakılarak karar verilmesi gereken bir boyuttur [13].

Çalışmada borda yüksekliğinin belirlenmesinde, dalga yüksekliği ile borda yüksekliği arasında ilişki dereceleri uzman görüşüne başvurularak belirlenmiştir. Gelen dalga yüksekliğinin yüzen yapıda yarattığı hareketin, kullanıcı konforuna etkisi borda boyutlandırılması açısından beşerli olarak derecelendirilmiştir.

### 5.3 Dalga boyu-yapı boyu

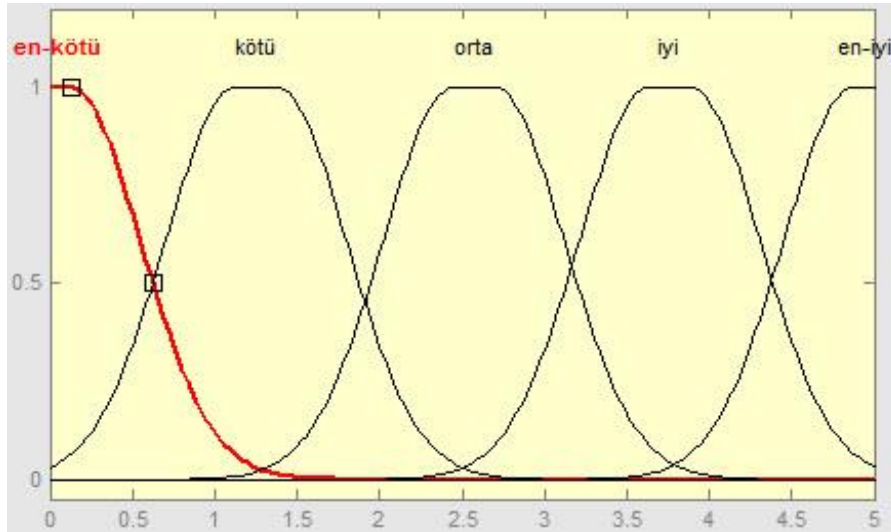
Dalga boyu ile dalga yönü doğrultusundaki yüzer yapı uzunluk oranı arasındaki ilişki çalışmada yüzen mimari tasarım süreci parametresi olarak kullanılmıştır. Dalga boyu ile yüzen mimari yapı boyu arasındaki ilişki de yapının bütünlüğünü koruması açısından kullanıcı konforunu istenmeyen hareketlere yol açarak engelleyebileceği için ayrı bir parametre olarak incelenmiştir. Dalga boyu ile yapı boyu arasındaki ilişkinin beşerli bulanık mantık derecelendirme sistemiyle derecelendirilmesi ve uzman görüşüyle kullanıcı konforu ile hareket arasındaki ilişki de dilbilimsel kural tabanlı karar destek sistemi olarak önerilmiştir.

## 6. Araçlar

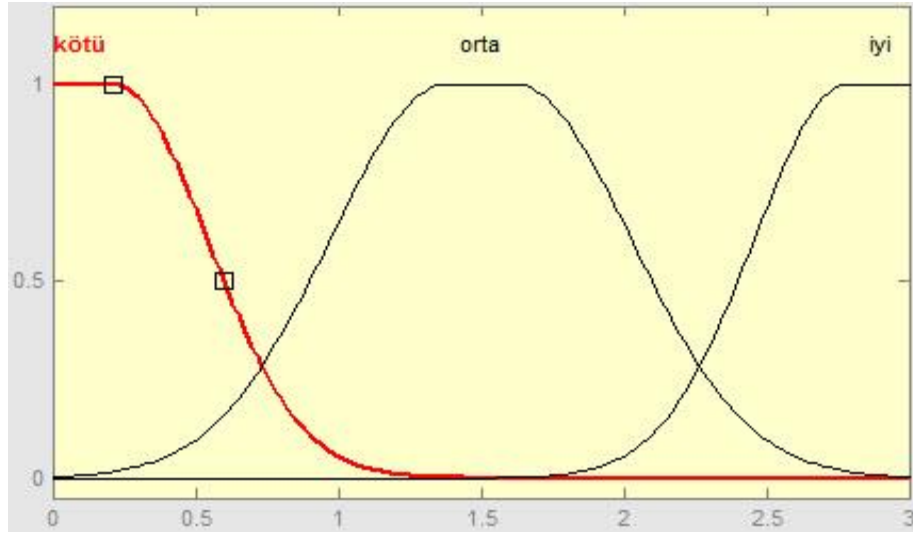
Yüzen yapıların tasarım sürecindeki belirsizliğin nedenleri; dalga ve rüzgâr hareketinin doğrusal olmayan etkisi, dalga hareketi ile ilgili eksik bilgi, kıyılardaki dalga kırılması, türbülans, dip sürtünmesidir. Çalışmada [12] vurgulanan kural destekli mimari tasarım olgusu, yüzen mimari yapının çevresel koşul değişikliklerine tepkisi ve karar verme sürecindeki eksik bilginin düzenlenmesi tasarım modeli mantığı içinde işleyen Tablo 6'da görülen sözel belirlenmiş duyarlı değişkenlerin aralığında gözlenmiştir. Yüzen mimariyi

bir örnek çalışma alanı ve bulanık mantığı, dilbilim kural tabanlı bir karar verme desteği olarak kullanarak, yüzen mimari süreç tasarımı için yeni bir yapı boyutlandırma modeli önerilmiştir.

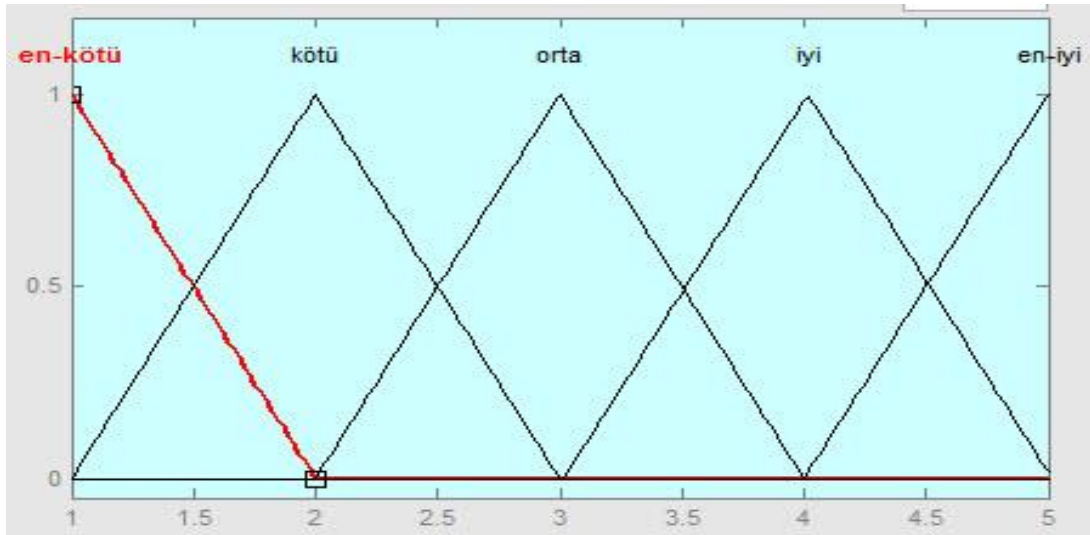
Yüzen mimari tasarım sürecine etki eden su ile ilgili doğal oluşumlar ve oluşum süreçleri anlaşılabilirse o zaman belirsizliklerin ortaya çıktığı görülmüştür. Çalışmadaki önerilen su ile ilgili oluşumların kavramsallaştırıldığı modelle, dalga ve rüzgârın oluşum sürecinin sahip olduğu değişkenlik ve belirsizlik ortamı tasarım sürecinde iyileştirilmiştir. Modelin amacını destekler şekilde, modelin Matlab programındaki uygulamasında Şekil 8’de görüldüğü gibi, sistem modeli, yüzen yapıların geometrisinin ve boyutlandırmasında belirlenmesinde karar destek aracı olarak kullanılmıştır [6]. Şekil 5’de görüldüğü gibi rüzgâr hızı ve dik geldiği yüzen üst yapı alanı arasındaki ilişki, Şekil 6’da dalga boyu ile yüzer mimari yapı boyu arasındaki ilişki, Şekil 7’de dalga yüksekliği ile borda yüksekliği arasındaki ilişkiler görülmektedir. Bu ilişkiler ve bağlantılı kurallar ile Tablo 7’de görülen kural tabanını oluşturulmuştur. Şekil 8’deki gibi Matlab programında bulanık mantık modelinde çalıştırılmış, yüzen yapıya titreşim kullanıcı konforu etkileri bağlamında değerlendirilmiştir. Rüzgâr-dalga etkisinin yapı boyutlarındaki değişimi Şekil 9’daki grafikten izlenebilmektedir.



Şekil 5. Rüzgâr hızı/ yüzen yapı yanıl alanı



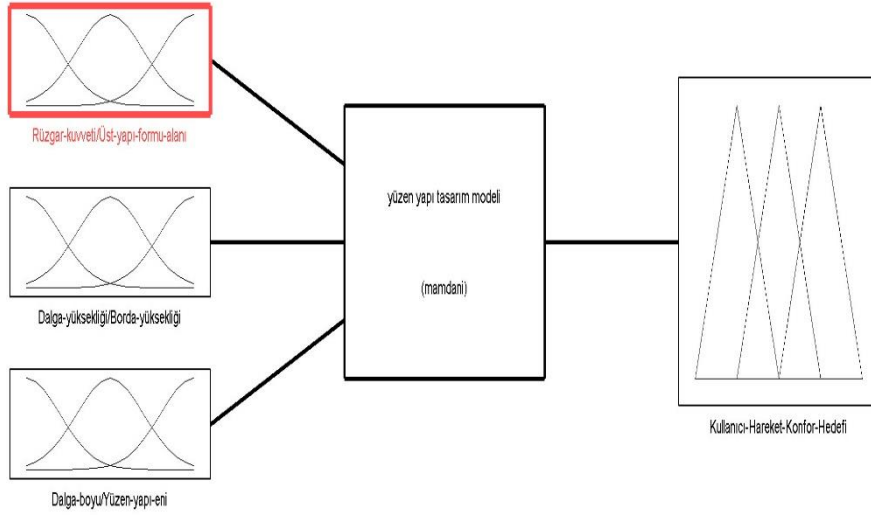
Şekil 6. Dalga boyu/ yüzen yapı eni



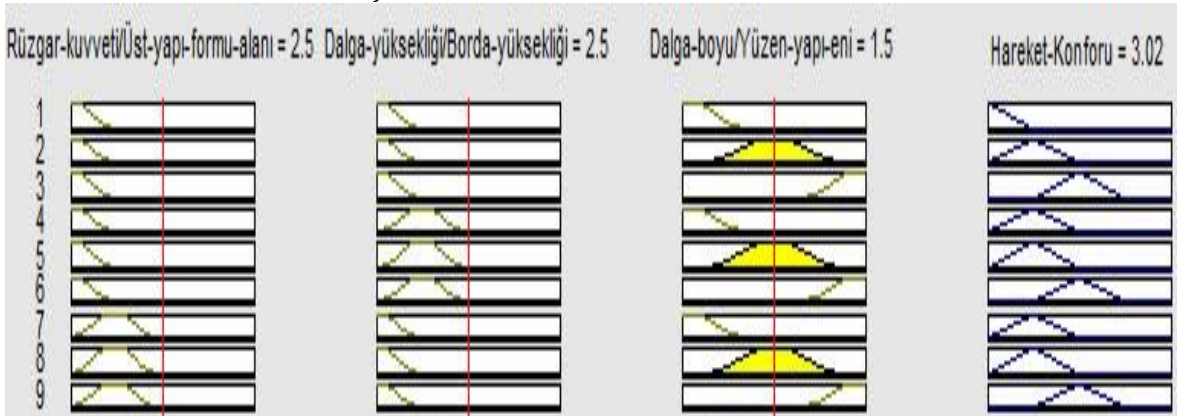
Şekil 7. Dalga yüksekliği/ borda yüksekliği

Tablo 6. Bulanık mantık değişkenleri

Bulanık mantık derecelendirme
En kötü
Kötü
Orta
İyi
En iyi



Şekil 8. Sistem modeli



Şekil 9. Kural grafik

Tablo 7. Model kuralları

1. If (Rüzgar-kuvveti/Üst-yapı-formu-alanı is en-kötü) and (Dalga-yükseklği/Borda-yükseklği is en-kötü) and (Dalga-boyu/Yüzen-yapı-eni is kötü) then (Kullanıcı-Hareket-Konfor-Hedefi is en-kötü) (1)
2. If (Rüzgar-kuvveti/Üst-yapı-formu-alanı is en-kötü) and (Dalga-yükseklği/Borda-yükseklği is en-kötü) and (Dalga-boyu/Yüzen-yapı-eni is orta) then (Kullanıcı-Hareket-Konfor-Hedefi is kötü) (1)
3. If (Rüzgar-kuvveti/Üst-yapı-formu-alanı is en-kötü) and (Dalga-yükseklği/Borda-yükseklği is en-kötü) and (Dalga-boyu/Yüzen-yapı-eni is iyi) then (Kullanıcı-Hareket-Konfor-Hedefi is orta) (1)
4. If (Rüzgar-kuvveti/Üst-yapı-formu-alanı is en-kötü) and (Dalga-yükseklği/Borda-yükseklği is kötü) and (Dalga-boyu/Yüzen-yapı-eni is kötü) then (Kullanıcı-Hareket-Konfor-Hedefi is kötü) (1)
5. If (Rüzgar-kuvveti/Üst-yapı-formu-alanı is en-kötü) and (Dalga-yükseklği/Borda-yükseklği is kötü) and (Dalga-boyu/Yüzen-yapı-eni is orta) then (Kullanıcı-Hareket-Konfor-Hedefi is kötü) (1)
6. If (Rüzgar-kuvveti/Üst-yapı-formu-alanı is en-kötü) and (Dalga-yükseklği/Borda-yükseklği is kötü) and (Dalga-boyu/Yüzen-yapı-eni is iyi) then (Kullanıcı-Hareket-Konfor-Hedefi is orta) (1)
7. If (Rüzgar-kuvveti/Üst-yapı-formu-alanı is kötü) and (Dalga-yükseklği/Borda-yükseklği is en-kötü) and (Dalga-boyu/Yüzen-yapı-eni is kötü) then (Kullanıcı-Hareket-Konfor-Hedefi is kötü) (1)
8. If (Rüzgar-kuvveti/Üst-yapı-formu-alanı is kötü) and (Dalga-yükseklği/Borda-yükseklği is en-kötü) and (Dalga-boyu/Yüzen-yapı-eni is orta) then (Kullanıcı-Hareket-Konfor-Hedefi is kötü) (1)
9. If (Rüzgar-kuvveti/Üst-yapı-formu-alanı is kötü) and (Dalga-yükseklği/Borda-yükseklği is en-kötü) and (Dalga-boyu/Yüzen-yapı-eni is iyi) then (Kullanıcı-Hareket-Konfor-Hedefi is orta) (1)

## 7. Sonuç

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

Çalışmada yüzer mimari yapıya etkiyen rüzgâr ve dalganın yapının hareketine etkileri, yüzen mimari tasarım sürecinde boyutlandırmada aktif tasarım öğesi desteği olarak kullanılmıştır.

Çalışmada rüzgâr ve dalganın oluşturduğu yanal yüklerin, yüzen yapı tarafından zemine kadar olan aktarımında oluşan hareketlerin öncelikli etki kriterleri, uzman sistemlerden yararlanarak değerlendirilmiş, yapıya etki derecesi dilbilimsel kural tabanı haline dönüştürülmüş ve geliştirilen yöntemin yüzen mimari yapı tasarım süreci içinde yer alan yapı boyutlandırması aşamasında yeni bir karar verme destek modeli önerisi olarak sunulmuştur. Yüzen mimari süreç tasarımında dalga-rüzgâr-titreşim etkileri altında boyutlandırma probleminde uzman görüşü ve dilbilimsel kural tabanlı karar destek sistemi ile çözüm önerisi getirilmiştir. Dalga-rüzgâr etkisi altında oluşan titreşim seviyeleri, yüzen mimari tasarım süreci modellemesinde belirlenen kurallar ‘Matlab’ programı içinde kullanılmıştır. Böylelikle yüzen mimari tasarımda yeni ürün modellemesi sürecinde uzman karar destek sistemi kullanılmış, geliştirilen dilbilimsel kural tabanı Matlab içinde uygulanmıştır.

Yüzen yapı hareketini etkiyen dalga yüksekliği ile yapının borda yüksekliği, dalga uzunluğu ile yapının kenar boyutu ve rüzgâr hızı ile etkilediği üst yapı alanı ve formu arasındaki ilişkiler, önerilen modeli kullanan tasarımcının kriterlerin değişimi gözlemleyebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu şekilde yüzen mimari tasarımı boyutlandırılmasında alınan kararlar yine tasarımcının kendi değerlendirmeleri doğrultusunda olabilmektedir.

Çalışmada önerilen modelle yüzen mimari yapı bir örnek çalışma alanı olarak değerlendirildiğinde, mimari tasarımın diğer alanlarında da model içindeki tasarım süreci prensipleri kullanılarak istenilen tasarım karar destek aracı geliştirilebildiği görülmüştür.

İlerde yapılacak çalışmalar olarak ise daha çok kriterli bir karar verme destek sistemi geliştirilebileceği gibi Grasshoper gibi parametrik üç boyutlu tasarım çıkarıcı programların ana kural tabanı olarak sistem düzenlenerek doğrudan üç boyutlu tasarımı bir ürün olarak çıkarılacağı düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- [1] Ayça Tartar, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Mimarlık Anabilim Dalı / Yapı Bilim Dalı, 2012.
- [2] Aouad, G., Hinks, J., Sheath, D., Cooper, R., Kagioglou, M. (1998). An IT map for a generic design and construction process protocol. EPSRC IMI Generic Design & Construction Process Protocol (pg.14).
- [3] Chen, W. (2009). The stability of an oceanic structure with T-S fuzzy models, Mathematics and Computers in Simulation 80 (2009) 402-426, Elsevier

- [4] Colwell, J. L. (1989). Human Factors in the Naval Environment: A Review of Motion Sickness and Biodynamic Problems. DREA Technical Memorandum 89/220, Dartmouth: Canadian National Defence Research Establishment Atlantic
- [5] Cooper, R., Lee, A., Wu, S., Fleming A., and Kagioplu M. (2005). Process Management in Design and Construction, Blackwell Publishing, Dubois, D. (2009). A Unified View of Uncertainty Theories- Fuzzy Systems Association World Congress and 2009 European Society for Fuzzy Logic and Technology Conference ( IFSA-EUSFLAT 2009 )
- [6] Flachbart, G., and Weibel P. (2005). Disappearing Architecture, From Real to Virtual to Quantum, Birkhuser – Publishers of Architecture Basel- Boston- Berlin (pp. 61).
- [7] Fousert, M.W. (2006). Floating Breakwater A Theoretical study of a dynamic wave attenuating system. MSc, TU Delft (pp.19,20,26,50,52).
- [8] Graaf, R., E. (2009)., Innovations in Urban Water Management, Feasibility Case Studies and Governance, Ph.D, Delft Technique University
- [9] Hughes, S. (1993). Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering, Singapore: World Scientific
- [10] Le Corbusier, 1986, Towards a new architecture, New York, Dover
- [11] Magrab, B. E. (2010). Integrated Product and Process Design and Development: the product realisation process; CRC Press, (pp. 7, 31)
- [12] Oosterhuis, K. (2002). Architecture goes wild / Kas Oosterhuis, [scientific committee: Maia Engeli; Dutch-English translations and text editing: John Kirkpatrick], Rotterdam: 010 Publishers
- [13] Patil, S.G., Mandal, Hegde A.V., Alavandar, S. (2010). Neuro-fuzzy based approach for wave transmission prediction of horizontally interlaced multi layer moored floating pipe breakwater, Ocean Engineering
- [14] Zadeh, L. (2009). Opening Message- International Fuzzy Systems Association World Congress and 2009 European Society for Fuzzy Logic and Technology Conference ( IFSA-EUSFLAT 2009