



# Pencere Sistemlerindeki Bozulmaların Tespiti ve Değerlendirilmesine Yönelik Bir Karar Destek Modeli Önerisi

## A Decision Support Model Proposal for the Detection and Evaluation of Deterioration in Window Systems

Emine Merve OKUMUŞ,<sup>1</sup> Özlem EREN<sup>2</sup>

### EXTENDED ABSTRACT

Performance, endurance, and aesthetic value losses occur due to environment, human, and time factors in windows, which is a significant component of buildings in terms of function and aesthetics. The maintenance planning of windows should be conducted on time during the usage phase as well as accurately implementing the decisions taken at the design stage so that the windows can serve for a long time. If maintenance and repairs are not performed on time, directly or indirectly, deteriorations that will decrease the performance of buildings and products' lifespan will occur. These issues will affect the performance and aesthetic properties of windows and facades. A systematic approach that ensures effective use of timely accurate identification, analysis, and intervention regarding the malfunctions encountered in windows during occupancy is presented. The proposed model that will be used by experts is aimed to prevent erroneous maintenance practices, protect user comfort, reduce usage costs, and contribute to the national economy by conserving resources via a decision support model for the deterioration of windows. The decision support model that is developed consists of three main stages, namely condition assessment, determination of possible intervention alternatives, and preparation of the condition report and inventory, and a support database is created to provide data for these stages. The first stage of the model, also known as the condition assessment stage, consists of three phases: data collection, condition analysis, and assessment. General information about the building and window are recorded during the data collection phase. In the second phase, i.e., condition analysis, the deterioration intensity and the area of disturbance will be determined after detecting malfunctions in windows. In the condition assessment phase, deterioration's severity is determined using NEN 2767 method, while deterioration's scores in the component are calculated by using the cardinal scale method. The second stage of the model, which is known as the determination of possible intervention alternatives, consists of four steps: possible intervention alternatives, intervention priority scores, intervention scores, and appropriate intervention alternatives. Possible intervention alternatives are prepared according to intervention lists created in the support databases. In determining the intervention priority scores (the second step), intervention priority score was given by evaluating the effects of deterioration on the three parameters, i.e., aesthetics, performance, and strength, on a 5-point scale according to the type of deterioration and the component in which it is located. In the last step of determining the possible intervention alternatives, intervention type and intervention procedures are selected according to the intervention score. The third stage of the model, called as the preparation of the status report and inventory, involves information on the current state of the window, the diagnostic methods used, and possible intervention alternatives. In the identification of deterioration in windows, on-site non-destructive diagnostic methods were examined within the scope of the model. In the study, it is decided to use internal and external observations and to make crack measurements and alignment checks when necessary. The proposed model is limited to windows only, although it could be used with all facade components. The model was applied to six windows in total by choosing two windows from three frame types in an education building in Istanbul, where wooden, PVC, and aluminum framed windows are used. The data of the aluminum-framed window were shared within the scope of the article. It is observed that physical effects and usage errors affect the service life and performance of the window in terms of the effects of environmental and human-induced factors on windows' deterioration. The conclusion was that deteriorations in the examined aluminum-framed window affect the aesthetic, thermal, air, and water performances of windows. In conclusion, an expert can obtain results of condition assessment swiftly, completely, and numerically by filling out the checklists in the program prepared during data collection and analysis stages if the proposed model is used. The model is designed to create an inventory by recording the status of buildings' components that require maintenance such as windows during usage. This should provide data for studies on the types and causes of deterioration in building elements. The developed proposal of the "decision support model", should raise awareness of decision-makers, manufacturers, and designers for renovation, to protect user comfort, to reduce value losses in facade and window systems, to prevent performance losses resulting from erroneous interventions, and to protect national resources.

**Keywords:** condition assessment; decision support model; deterioration; occupancy; window systems.

<sup>1</sup>Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul

<sup>2</sup>Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul

**Başvuru tarihi: 26 Mart 2021 - Kabul tarihi: 18 Temmuz 2021**

**İletişim:** Emine Merve OKUMUŞ. **e-posta:** emokumus@fsm.edu.tr

© 2021 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi - © 2021 Yıldız Technical University, Faculty of Architecture

## ÖZ

Yapıların işlevsel ve estetik açıdan önemli bir bileşeni olan pencere sistemlerinde çevresel, insan kaynaklı ve zamana bağlı etkenlerle birlikte performans, dayanım ve estetik değer kayıpları görülmektedir. Pencerelemlerin uzun süreli hizmet verebilmeleri için tasarım aşamasında alınan kararların doğru bir şekilde uygulandıktan sonra kullanım aşamasında bakım planlamalarının zamanında yapılması gerekmektedir. Bakım ve onarımları zamanında yapılmayan pencerelerde görülecek bozulmalar doğrudan ya da dolaylı olarak cephenin performansını etkilemektedir. Çalışmanın amacı, kullanım sürecinde pencere sistemlerinde karşılaşılan bozulmalara zamanında doğru teşhis, analiz ve müdahale ile pencere sistemlerinin etkin kullanımını sağlayacak karar destek modeli geliştirmektir. Geliştirilen karar destek modeli; durum değerlendirmesi, olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi, durum raporu ve envanterinin hazırlanması olarak üç ana aşamadan ve bu aşamalara veri sağlayan destek veri tabanından oluşmaktadır. Modelin uygulanabilirliğinin ölçülebilmesi için İstanbul'da bir eğitim binasının alüminyum çerçeveli penceresinde model uygulanmıştır. Uzman kişilerin kullanımına uygun düzenlenen tablo sistemiyle durum değerlendirme işlemleri hızlı, eksiksiz ve sayısal olarak elde edilebilmektedir. Pencere sistemlerinin yaşam süresince durumlarının kayıt altına alınmasıyla envanter oluşturulması ve karşılaşılan bozulma türlerine ve sebeplerine yönelik çalışmalara veri sağlaması planlanmaktadır. Çalışma kapsamında geliştirilen karar destek model önerisi ile karar verici kişilerin, üreticilerin, tasarımcıların ve uygulayıcıların yenilemeye yönelik bilinçlendirilmesi, kullanıcı konforunun korunması, cephe ve pencere sistemlerindeki değer kayıplarının azaltılması, hatalı müdahale işlemlerinden kaynaklı performans kayıplarının önlenmesi ve ulusal kaynakların korunması hedeflenmektedir. Modelin ileride yazılıma dönüştürülmesi ve bozulmalarla ilgili görsel ve yazılı bilgilerle desteklendiğinde karar verici kişiler tarafından da kullanılabilir.

**Anahtar sözcükler:** Bozulma; durum değerlendirmesi karar destek modeli; kullanım süreci; pencere sistemleri.

## Giriş

Doğal çevre içerisine yapılan binaların değişen çevre koşullarına ve kullanıcı konforuna cevap verebilen ve öngörülen servis süresi boyunca kendinden beklenen tüm performansları kaybetmeden hizmet verecek şekilde tasarlanmaları gerekmektedir. Çevre koşulları düşünülerek tasarlanan binalarda bile zaman içerisinde meydana gelen bozulmalarla performans, fonksiyon ve estetik değer kayıpları görüleceğinden belirli dönemlerde bakım ve onarım müdahalelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Sürdürülebilir mimarlık kapsamında yapı stokunun iyileştirilmesine yönelik çalışmaların son yıllarda arttığı görülmektedir. Bakım ve onarım faaliyetleri ile çevreye verilen zararların azaltılması için gelişmiş ülkelerde çeşitli tedbirler alınmıştır. Avrupa Birliği'nin son 10 yıllık büyüme stratejisi (Europe 2020) planında enerji verimliliği başlığı altında Avrupa ülkelerindeki konut stokunun yeniden kullanımı ve bakımı, Avrupa konut politikasında ve uygulamalarında öncelikli konular haline gelmiştir (European Commission, 2010). Bunun en önemli sebebi yeni konutların yıllık yapım miktarının mevcut konut stokunun sadece %1'ine karşılık gelmesidir (Thomsen ve van der Flier, 2002; Kylili ve ark., 2016). Euroconstruct (2015) raporunda Avrupa Birliği'nin bakım ve iyileştirme faaliyetleri ortalamasının 2007 yılında %43 iken, 2015 yılında yaklaşık %60 seviyelerine yükseldiği görülmektedir.

Mevcut yapı stokunun iyileştirilmesine yönelik yapılan müdahaleler konusunda uluslararası çalışmalar incelendiğinde veri tabanları, programlar ve yönetmeliklerle destekli uygulamalarla karşılaşılmaktadır. İyileştirmeye yönelik çalışmalarda malzeme, teknoloji ve tekniklerin gelişmesiyle birlikte yapılarda meydana gelen bozulma türleri de değişeceğinden yapılan hatalar ve karşılaşılan kusurlardan elde edilen bulgular üzerine güncel veri tabanları oluşturulma-

lıdır. Yurt dışında veri tabanı konusunda BRE, LNEC, NUS ve CIB gibi önemli kuruluşlar ve üniversiteler çalışmalar yürütmektedir. Oluşturulan veri tabanları formlarla yazılı ya da bilgisayar üzerinden çevrim içi olarak kullanılmaktadır. Veri tabanları bozulma sürecinin daha iyi anlaşılması için bozulmanın tanımı, uygulanan testler, bozulmanın sebepleri, bozulma sonuçları, önleyici tedbirler ve onarım müdahaleleri olarak farklı inceleme başlıklarının birkaçını ya da hepsini içermektedir. Yapı patolojisinin öneminin geliştiği ülkelerde ise binaların durum değerlendirme işlemlerinin doğru ve hızlı yapılabilmesi için ülkeler yönetmeliklerine uygun bilgisayar programları geliştirmiştir. Avrupa Birliği kapsamında EPIQR ve TOBUS, Belçika'da Renofase, Portekiz'de MAEC ve SCARBCC, Hollanda'da NEN 2767 ve İngiltere'de HHSRS programı kullanılarak durum değerlendirmeleri yapılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri ve Hong Kong gibi ülkelerde yerel ya da ulusal yönetmeliklere bağlı olarak cephe ve pencere onarımları için belirli dönemlerde uzmanlar tarafından denetimler yapılmaktadır. Uzman, cephe ve pencere sistemlerindeki sorunları belirleyip kullanıcıyı bilgilendirir. Kullanıcının yönetmeliklerin belirlediği süre zarfında gerekli bakım ve onarımları gerçekleştirip uzmandan uygun yazısı alması gereklidir. Bu süreç yerel ya da ulusal birimler tarafından konut bazında takip edilerek arşivlenmektedir.

Türkiye'de enerji korunumu için yeni yapılan yapılarda çeşitli yaptırımlar uygulanırken mevcut binalarda ise sadece cephelerde ısı yalıtımı yapılması zorunluluğu bulunmaktadır. Mevcut yapı stokunun iyileştirilmesine yönelik çalışmaların incelenmesinden sonra Türkiye'deki binalarda taşıyıcı olmayan yapı sistemlerindeki bozulmaların tespiti ve değerlendirilmesine yönelik karar destek modeli üzerine çalışılmıştır. Yapıların bakım ve onarımlarının sistematik

ilerleyebilmesi için planlama yapılırken yapı alt sistemlerinin öncelikle bileşen ya da eleman bazında sonra bütünlük olarak ele alınması gereklidir. Çalışma kapsamında çevresel ve kullanıcı etkenlerine en çok maruz kalan yapı bileşenlerinden olan pencere sistemleri üzerine çalışılmıştır. Pencere sistemleri duvar yüzeyinde oluşturdukları boşluk ve bu boşluğu dolduran çerçeve olarak incelendiğinde birçok farklı bozulma türüyle karşılaşılmaktadır. Bu çalışmada mevcut pencere sistemlerinin durum analizleriyle performans durumları, servis süreleri ve yapısal durumları belirli dönemlerde kontrol edilip küçük müdahalelerle etkin kullanımlarına olanak sağlayacak bir karar destek modeli önerisinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmayla pencere sistemleri için tasarım, uygulama ve kullanım aşamalarında oluşan bozulmaların kullanım aşamasında değerlendirilmesi ve bozulmaya yönelik olası müdahale yöntemlerinin seçilmesi aşamalarında kullanılacak bir model oluşturulmuştur. Geliştirilen karar destek modeli; durum değerlendirmesi, olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi, durum raporu ve envanterinin hazırlanması olarak üç ana aşamadan oluşurken bu aşamalara veri sağlayan destek veri tabanı bulunmaktadır. Uzmanın modeli kullanmasıyla pencerenin mevcut durumuna ilişkin elde edeceği sayısal veriler ve pencereye uygulanabilecek olası müdahaleler hakkındaki kararları içeren bir raporu karar verici kişilerle (mal sahibi, site yönetimi ve yerel yönetimler vb.) paylaşacak ve karar verici alternatifler içerisinden seçim yapacaktır. Raporlardaki veriler yerel yönetimler tarafından harita üzerinde işaretlenerek yönetim sınırları içerisindeki yapı stokunun mevcut durumu kontrol altında tutulacaktır. Model ilerideki çalışmalarda taşıyıcı olmayan tüm yapı elemanlarını kapsayacak şekilde genişletilerek yazılım haline getirilmesiyle karar verici kişiler tarafından da kullanılacaktır.

### Pencere Sistemlerinden Beklenen Performanslar

Bir yapıyı meydana getiren malzeme, bileşen ve yapı elemanları kullanım aşaması boyunca doğal ya da yapay etkiler altında kalırken kendi yapısal özellikleri ile dış etkilere karşı koyma davranışına performans denilmektedir (Hasol, 2005). Bir başka deyişle bina performansı, yapımında kullanılmış olan ürünler ve sistemlerle binanın servis ömrü boyunca, hedeflenen amaçlara hizmet etme kapasitesi olarak ifade edilmektedir (Sneck, 1973). Pencere sistemlerinden beklenen performanslar; görsel, ısı, su ve nem, hava, mekanik, ses ve yangın performanslarıdır.

Pencere sistemleri görsel performansı yeterli düzeyde aydınlık sağlamalı, güneş ışınlarını gereksinimlere göre yansıtmalı ve/veya geçirmeli, dış ortamla görsel ilişki kurmalı ve iç ortamda mahremiyeti sağlamalıdır. Pencere sistemlerinin görsel performansında camın gün ışığı geçirgenlik değeri etkili olmaktadır.

Pencere sistemleri ısı performansı ile istenmeyen ısı geçişlerini engellemeli, ısı köprüsü oluşturmamalı ve ısı depolamamalıdır. Pencere sistemlerinin ısı performansını etkileyen dört parametre bulunmaktadır. Bu parametreler; camın ( $U_g$ ) ve çerçevenin ( $U_f$ ) ısı iletkenlik katsayıları, birleşim noktalarında hava sızdırmazlığı, camın güneş ısı kazanç katsayısı ve camın gün ışığı geçirgenlik değeridir.

Pencere sistemleri su ve nem performansı ile bina kabuğuna gelen şiddetli yağmur suyuna, neme ve havaya karşı geçirimsiz olmalı, sıcaklık farkının olduğu bölgelerde yoğunlaşmayı önlemeli, yoğunlaşma oluşursa su ve nem tahliye edilmeli ya da sistem içinde kurutulabilmelidir. Pencere sistemlerinde su ve nem performansını etkileyen etkenler kullanılan malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları ve su buharı difüzyon direnciyle birlikte pencere sistemlerinde suyun girişini engelleyen ve giren suyun sistemden atılmasını sağlayan detay tasarımı önemlidir.

Pencerenin hava performansı ile pencerenin açık olma durumunda mekânın etkin havalandırması sağlanırken kapalı olma durumunda ise sistemin hava geçirimsiz olması istenmektedir. Pencerenin havalandırma performansını, binanın kentsel konumu, pencerenin yapıdaki konumu, kullanıldığı mekânın özellikleri, pencere boyutları gibi parametreler belirlemektedir. Pencere sistemlerinde hava sızdırmazlığı; kasa ile duvar, kasa/kanat ile kanat, kasa/kanat ile cam ve kasa ile denizlik gibi birleşim noktalarında meydana gelir, bu nedenle bu kısımların sızdırmazlık ürünleriyle dikkatli şekilde yalıtılması gereklidir.

Pencere sistemleri mekanik dayanım performansı ile öncelikle kendi yükünü tespit ürünleri ile yapı sistemine dengeli olarak aktardıktan sonra rüzgâr, deprem ve darbe gibi çevresel etkilerle ve kullanıcı davranışlarıyla oluşan yüklerle karşı dayanım göstermelidir. Mekanik dayanım pencere sistemlerinde kullanılan ürünlerin yapısal özelliklerine ve servis sürelerine bağlıdır.

Pencere sistemleri ses performansı ile dış ortamdaki seslerin iç mekâna geçişi engellenmeli ya da azaltılmalıdır. Ses performansında kullanılan ürünlerin ses yutuculuk ve ses yalıtım özellikleri etkili olmaktadır.

Pencere sistemlerinin yangın performansından beklenen davranışlar; kolay yanmamalı, alev almamalı, cam kırılması durumunda dağılmamalı, yanma esnasında zehirli gaz salınımı olmamalı ve cam yüzeyinde oluşan termal basınç dayanım göstermelidir.

Pencere sistemlerinden beklenen performansları belirleyen parametreler; kullanıcı gereksinimleri ile iç ve dış etkenlerdir. Tüm gereksinimleri ve koşulları insan konforu ve enerji tasarrufu açısından doğru değerlendirerek performans ağırlıkları belirlenmelidir. Çalışma kapsamında oluşturulan modelde pencere sistemlerinde meydana gelen bozulmaların etkilediği performanslar olarak ısı, su ve nem, hava, mekanik ve ses dahil edilirken görsel ve yangın performansı kapsam dışında bırakılmıştır.

### Pencerelerde Bozulmalara Sebep Olan Etkenler

Pencere sistemlerinin kendinden beklenen performansları zaman içerisinde yapamayacak duruma geçiş sürecine literatürde bozulma süreci denilmektedir. Belirli bakım koşullarıyla bileşende ortalama servis süresi ile uyumlu olarak gelişen bozulmalar doğal yaşlanma olarak tanımlanmaktadır. Servis süresi içerisinde pencerenin yapısal özelliklerinde ve performansında beklenmedik bir şekilde görülen bozulmalar doğal yaşlanmanın aksine, patolojik bir bozulma olarak kabul edilmektedir (CIB, 1993). Günümüzde yapı ürünlerinin ve yapı sistemlerinin artan karmaşıklığında bozulmaların doğru teşhis edilmesi yapı elemanlarının servis süresince etkin kullanımı açısından önemli olduğundan yapı patolojisinin iyi bilinmesi gerekir. Yapı patolojisi bir binada neyin yanlış gittiğini bulmak amacıyla bozulmanın neler olduğunu ve nasıl gerçekleştiği ile ilgili bilgileri sistematik olarak inceleyen bir yaklaşımdır (CIB, 2013). Yapı patolojisi ile mevcut binalardaki bozulmaların tanımlanması, teşhisi ve bozulmalara ait öngörülen ilerleme senaryoları ve mevcut kaynakları göz önünde bulundurarak uygun müdahale ile iyileştirme işlemlerinin planlanması ve denetlenmesi gerekmektedir (Watt, 2009). Bozulma belirtilerine ve davranışına göre yapı ürünlerine etki eden etkenler hakkında bilgi sahibi olunabilir. Bozulmaları önlemek amacıyla yapılacak müdahaleleri seçmeden önce bozulma sisteminin doğru anlaşılması ve zamanında müdahale edilmesi gerekmektedir. Pencere sistemlerinde bozulmalara sebep olan etkenler çalışma kapsamında çevresel, insan kaynaklı ve zamana bağlı etkenler olarak üç ana gruba ayrılmıştır. Patolojik bozulmaya sebep olması sebebiyle çevresel ve insan kaynaklı etkenler bu çalışma kapsamında incelenmiştir.

#### Pencerelerde Bozulmalara Sebep Olan Çevresel Etkenler

Pencere sistemleri kullanım aşaması boyunca iç ortamla dış ortam arasında yapı kabuğunun saydam bileşeni olarak sürekli ve sürekli olmayan birçok çevresel etkene maruz kalmaktadır. Bu etkenlerin türleri ve şiddetleri; coğrafi konum, iklimsel şartlar, yapının kentsel konumu ve formu, yüksekliği ve pencerenin baktığı yön gibi çeşitli faktörlere göre değişiklik göstermektedir. Çalışmada pencere sistemlerine etki eden çevresel etkenler fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mekanik olarak dört grupta incelenmiştir.

#### Fiziksel Etkenler

Pencere sistemlerinde etkili olan fiziksel etkenler; güneş etkisi, ısı etkisi, rüzgâr etkisi, su ve nem etkisi olarak dört grupta incelenmiştir.

Güneş etkisi, pencere sistemlerine ulaşan ultraviyole, görünür, kızılötesi ışın gibi farklı dalga boyuna sahip ışınlar, pencere sistemlerinde hem fiziksel hem de kimyasal bozulmalara sebep olmaktadır. Pencere sistemlerinde güneş ışınlarının etkisiyle ahşap, PVC ve kâgir esaslı ürünlerde renk değişimi, yüzeyde çatlama, çözülme, ayrışma gibi yüzeysel bozulmalar oluşmaktadır (Toydemir ve ark., 2004).

Pencere sistemleri yapı kabuğundaki yapı bileşenleri içerisinde en yüksek ısı iletkenlik değerine sahip olmasından dolayı ısı yalıtımı konusunda yapı kabuğunun en zayıf noktalarıdır. (Nielsen ve ark., 2001; Van Den Bossche ve ark., 2015). Pencere sistemlerinde ısı etkisiyle oluşan bozulmalar; ısıl genleşmeden kaynaklı çatlama, kırılma ve ortamlar arası ısı farklarıyla oluşan yoğuşmadır.

Pencere sistemlerinde su etkisi ile ahşap ürünlerin bünyesine su girişiyle çatlama, kabarma, dökülme, küf ve mantar oluşumu görülürken metal ürünlerde korozyon oluşmaktadır.

Pencerelerde rüzgâr etkisi; rüzgârın esiş hızı ve doğrultusu, binanın geometrisi, yapının yüksekliği ve çevresindeki yapılara göre konumu gibi birçok ölçüte bağlıdır. Rüzgâr etkisiyle birleşim noktalarında istenmeyen hava sızıntıları ve su girişleri olurken iç mekân konfor koşullarında azalma ve pencere ürünlerinde su kaynaklı kabarma, dökülme, şişme vb. bozulmalar görülmektedir.

#### Kimyasal Etkenler

Pencere sistemlerinde güneş ışınımı ve çeşitli atmosfer etkileri sonucunda ürünlerin iç yapısında veya yüzeyinde kimyasal bozulmalar görülmektedir. Pencere sistemlerinde havadaki kirletici maddeler pencere ve duvar yüzeyinde kirlenme, çiçeklenme vb. bozulmalara sebep olurken asit ve alkali çevre koşullarında ahşap malzemelerin selüloz ve hemiselüloz molekül yapılarının bozulması sonucunda ürünlerin mekanik dayanımı azalmaktadır (Eriç, 2002; Ridout, 2004; Bozkurt, 2008). Çevresel ya da insan kaynaklı etkenlerle metal ürünlerde korozyon görülmektedir. Örneğin, araç trafiğine ya da sanayi tesislerine yakın bölgelerde atmosferde yoğun olarak bulunan CO<sub>2</sub> ve SO<sub>3</sub> gazlarının yağmurla birlikte güçlü elektrolit oluşturma özelliğine sahip asitlere (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dönüşmesi, pencere sistemlerinin temizlenmesi sırasında uygun olmayan kimyasal maddelerin kullanılması veya ıslak bırakılması, PVC çerçevelerde kasanın vida ile doğrudan denizliğe tespit edilmesi yönteminde; tespi vidasının korozif ürünlerle temas etmesi vb. etkilerle pencerenin metal ürünlerinde korozyon görülmektedir (Kiper, 1992; Ekinci, 2016).

#### Biyolojik Etkenler

Pencere sistemlerinde kullanılan mermer, tuğla ve beton gibi kâgir ve ahşap ürünlerde bakteri, mantar, termit, böcek ve bitki gibi etkenlerle biyolojik bozulmalar meydana gelmektedir. Biyolojik etkenlerin her biri etkilediği malzeme türünde farklı bozulmalara sebep olduğu için teşhisin doğru yapılması müdahale aşaması için önemlidir. Pencere sistemlerinde kullanılan ahşap ürünlerde bakterilerle yüzeyde erozyon ve koyu renkli lekelerin oluşması, mantar etkisiyle renk değişimi ve mekanik dayanımının azalması, kurt, beyaz karınca ve böcekler etkisiyle kesitin azalması ve termit etkisiyle ufalanma ve mukavemet kaybı gibi bozulmalar oluşmaktadır. Denizlik, söve gibi kâgir parçalarda

bakteri etkisiyle parçalanma, dökülme ve renk değişimi görülürken mantar etkisiyle renk değiştirme ve kararma vb. bozulmalara rastlanılmaktadır (Holt, 1983; Bozkurt, 2008; Dolar ve Yılmaz, 2014).

### Mekanik Etkenler

Yapı ürünlerinde yapısal ya da çevresel etkenlerden kaynaklı basınç, çekme, kesme gibi kuvvetlerin etkisiyle aşınma, sarkma ve oturma gibi mekanik bozulmalar meydana gelmektedir. Pencere kanatlarında meydana gelen sarkma ile kanat hareketlerinin zorlaşmasına ve kapanma sorunlarının oluşması, zemin hareketi ve sıkışması ile oluşan oturma etkisiyle pencere köşelerinde basamak şeklinde çatlamlar görülmesi, çevresel etkenlerin aşındırıcı etkisinin yüksek olduğu coğrafi bölgelerde denizlik, söve ve ahşap çerçeve ürünlerinde yüzeysel erozyon oluşması vb. bozulmalar görülmektedir.

### Pencere Sistemlerinde Bozulmalara Sebep Olan İnsan Kaynaklı Etkenler

Pencere sistemlerinin servis süreleri boyunca etkin kullanılabilmesi için; çevresel etkenlere uygun tasarlanması, standartlara uygun şekilde üretimi, uygun koşullar altında yapıya monte edilmesi ve kullanım süreci boyunca kullanıcı tarafından gerekli bakım ve onarım işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Pencere sisteminin yaşam döngüsü boyunca herhangi bir adımında yapılan hata, servis boyunca diğer adımları etkileyerek istenilmeyen performans kayıplarına, kullanıcı memnuniyetsizliğine, malzeme ve enerjinin gereksiz tüketimine sebep olmaktadır. Bu bölümde pencerelerde insanların ihmalleri ya da fark etmeden yaptıkları hatalar; tasarım, üretim, uygulama ve kullanım hataları olarak dört başlıkta incelenmiştir.

### Tasarım Hataları

Pencere sistemlerinin, cephenin saydam bileşeni olarak çevresel koşullara ve kullanıcı faktörlerine karşı mukavemet sağlaması, kullanıcı konfor koşullarını karşılaması ve mekânın özelliklerine bağlı performans gereksinimlerine uygun tasarlanması gerekmektedir. Tasarım aşamasında yapılacak hatalar kullanım süresine, kullanıcı sağlığına ve malzeme tüketimine olumsuz etkilerle sebep olmaktadır. Pencere sistemlerinde yapılan tasarım hataları; detaylandırma hataları ve uygun olmayan ürün seçimi olmak üzere iki bölümde incelenmiştir.

- Pencere sistemlerinde görülen detaylandırma hataları; kullanıcı profiline uygun olmayan kanat boyutlarının ve hareketlerinin seçilmesi, suyun uzaklaştırılmasına yönelik yağmurluk, damlalık, eğimli yüzey vb. detayların yapılmaması, ısısal hareketlerle oluşabilecek genleşmeye yönelik uygun boşlukların bırakılmaması vb. hatalar olarak sıralanabilir.
- Pencere tasarımında yanlış ürün seçimi ile ilgili yapılan hatalar; yoğun güneş, rüzgâr, yağış gibi çevresel

etkilere maruz kalan pencerelerde uygun ürünlerin kullanılmaması, pencere boyutlarına uygun açma-kapama ve tespit ürünlerinin seçilmemesi, farklı genleşme ve ısı iletkenlik değerlerine sahip ürünlerin birlikte kullanılması vb. hatalar söylenebilir.

### Üretim Hataları

Gelişmiş teknolojilerle pencere sistemlerinin fabrikalarda makinelerle üretilmeye başlanmasıyla insan kaynaklı hatalar azalmıştır. Pencere sistemlerinde üretim aşamasında yapılan hatalar; hammadde ile ilgili hatalar, detaylandırma ve birleştirme hataları, pencerelerin saklanması ve taşınmasıyla ilgili hatalar olarak üç bölümde incelenmiştir.

- Pencere sistemlerinde hammadde edinimi ve kullanımı ile ilgili yapılan hatalar;
  - o Çatlak, budak, reçine vb. sorunlara sahip ahşapların kullanılması,
  - o Pencere sistemlerinde kullanılacak ahşapların uygun nem düzeyinde olmaması.
- Pencere sistemlerinde detaylandırma ve birleştirme ile ilgili yapılan hatalardan bazıları aşağıda sıralanmıştır;
  - o Ahşap çerçevelerin lif doğrultusu dikkate alınmadan birleştirilmesi,
  - o PVC ve alüminyum çerçevelerde köşelerin düzgün kesilmemesi ve birleştirilmemesi,
  - o Ahşap çerçevelerde düzgün zımparalama yapılmaması, PVC çerçevelerde köşelerde çapakların temizlenmemesi,
  - o Çerçeve yüzeylerinde su etkisini azaltmak için damlalık, eğimli yüzey, tahliye kanalları gibi detayların yapılmaması,
  - o PVC çerçevelerde kullanılan destek sacının uygun olmayan ölçülerde ve formda olması, destek sacının profille arasındaki mesafe ve vidalama hatası vb. üretim hatalarının yapılması,
  - o Yalıtım fitillerinin çerçeveye düzgün yerleştirilmemesi,
  - o Çerçeve, yalıtım, cam ve tamamlayıcı ürünlerin montajı sırasında uygun olmayan birleşimler ve ürün seçimlerinin yapılması.
- Pencere sistemlerinin saklanması ve taşınmasıyla ilgili yapılan hatalardan bazıları aşağıda sıralanmıştır;
  - o Pencere sistemlerinin uygun koşullarda saklanmamasından kaynaklı çerçeve ve cam yüzeylerinde çizilme, ahşap ürünlerde su ve nem sorunlarının oluşumu, güneş ışınlarına maruz kalması durumunda PVC yüzeyindeki folyonun çerçeveye yapışması vb. saklama sorunlarının görülmesi,
  - o Pencere sistemlerinin uygun koşullarda taşınmaması durumunda, cam ve çerçeve yüzeylerinde

çizilme, çatlama ve ezilme gibi yüzey kusurlarıyla karşılaşılması.

#### Uygulama Hataları

Pencere sistemlerinin montajı sırasında yapılan hatalar, uygun ekipman ve kalifiye işçi kullanılmaması ve belirtilen montaj kurallarının uygulanmaması olarak iki ana başlıkta toplanmaktadır.

- Uygun ekipman ve nitelikli işçi kullanılmamasına bağlı hatalardan bazıları aşağıda sıralanmıştır;
  - o Pencerenin duvar boşluğuna yerleştirilmesi sırasında ortalama ve hizalama sorunlarının oluşması,
  - o Pencere ile duvar arasındaki boşluklara yalıtım ürünleri ve derz kapatıcılarının doğru uygulanmaması,
  - o Uygulama aşamasında pencere yüzeyinde inşaat atığı oluşması ve zamanında temizlenmemesi.
- Montaj kurallarının uygulanmamasına bağlı hatalardan bazıları aşağıda sıralanmıştır;
  - o Denizliğin eğimli olmayacak şekilde yerleştirilmesi,
  - o Pencerenin denizlik üzerine doğru yerleştirilmesinden kaynaklı su tahliye borularının işlevini yerine getirememesi,
  - o Kasanın denizliğe ve duvar yüzeyine uygun bağlantı detaylarıyla tespit edilmemesi,
  - o Duvar ve kasa arasındaki boşlukların mastik, silikon gibi yardımcı ürünlerle kapatılmaması,
  - o Denizlik uygulaması yapılırken ısı köprüsüne karşı önlem alınmaması,
  - o PVC çerçevelerde koruyucu folyonun zamanında çıkarılmaması,
  - o Uygun olmayan koşullarda pencerenin yapıya monte edilmesinden dolayı bağlantı problemlerinin görülmesi.

#### Kullanım ve Bakım Hataları

Pencerelerin kullanım aşaması, yaşam döngüsünün en uzun süreci olması ve pencerelerin servis sürelerinin etkin kullanımı açısından önemlidir. Pencerelerde kullanım sürecinde karşılaşılan insan kaynaklı hatalar, kullanıma bağlı hatalar ve bakım-onarım hataları olarak iki gruba ayrılmaktadır.

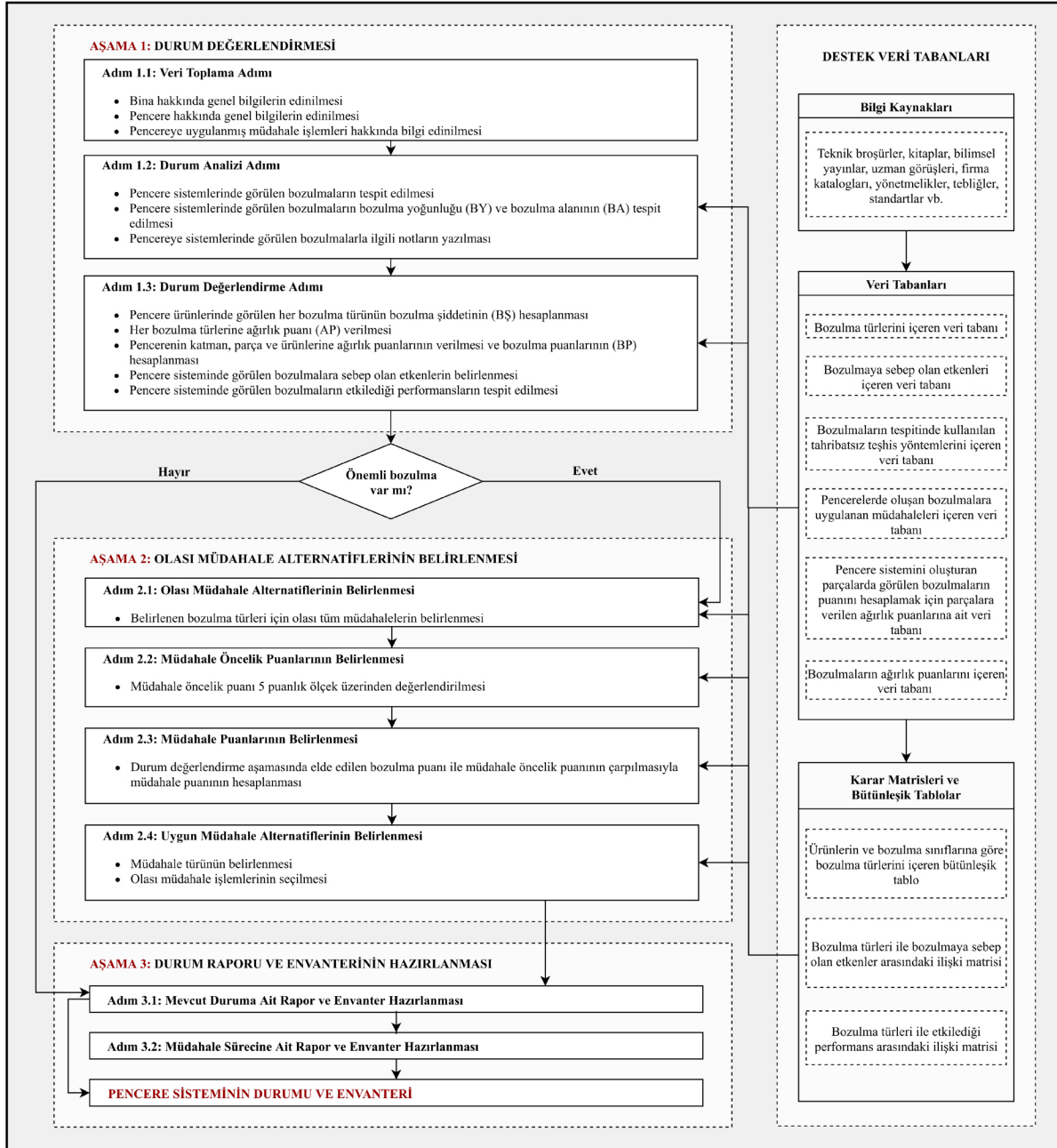
- Kullanıma bağlı hatalardan bazılarına aşağıda yer verilmiştir;
  - o Pencere sistemlerini açma ve kapama esnasında açma kolunun tam konuma getirilmemesi,
  - o Kullanıcının uzman görüşü almadan çerçeve ve cam yüzeyinde boşluklar açması,
  - o İç ve dış mekân arasındaki kablo gibi malzemelerin kullanıcı tarafından kasa ile kanat arasında kalacak

şekilde geçirilmesi,

- o Kanadın iç yüzeyine stor, perde gibi güneş kırıcı düzenlemelerin monte edilmesi,
- o Pencere kanatlarında kullanım (temizlik vb.) esnasında istenmeyen yük artışının yaşanması.
- Bakım ve onarım hatalarından bazılarına aşağıda yer verilmiştir;
  - o Pencere sistemlerinin uygun olmayan maddelerle temizlenmesi,
  - o Açma ve kapama sistemlerinin temizleme, yağlama gibi periyodik bakımlarının yapılmaması,
  - o Yerinden çıkan yalıtım fitilleri, tespit parçaları, çıtalar vb. ürünlerin olması gereken konuma getirilmemesi,
  - o Su tahliye kanallarının temizlenmemesi.

#### Pencere Sistemlerindeki Bozulmaların Tespiti ve Değerlendirilmesine Yönelik Bir Karar Destek Modeli Önerisi

Tasarım, üretim, uygulama ve kullanım aşamalarında yapılan insan kaynaklı hatalar ve kullanım süreci boyunca etki eden çevresel etkilerle pencerelerde görülen bozulmaların tespiti ve durum değerlendirmesi için hazırlanan modelle pencerelerle birlikte diğer cephe bileşenlerinin etkin kullanımını amaçlanmıştır. Pencerelerdeki bozulmaların teşhisi, analizi ve müdahalesi için önerilen karar destek modeli; durum değerlendirmesi, olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi, durum raporu ve envanterinin hazırlanması olarak üç ana aşamadan oluşurken bu aşamalara veri sağlayan destek veri tabanları bulunmaktadır. Destek veri tabanları, Lizbon Teknik Üniversitesi Yüksek Teknoloji Enstitüsü'ndeki (IST) araştırmacılar tarafından geliştirilen Bina Denetim Sistemi örnek alınarak ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda oluşturulmuştur. Karar destek modelinin birinci aşaması olan durum değerlendirme aşaması; veri toplama, durum analizi ve durum değerlendirmesi olarak üç adımdan oluşmaktadır. Durum değerlendirmesi aşamasında pencere sistemlerinde görülen bozulmaların şiddetleri Hollanda'da kullanılan NEN 2767 yöntemiyle hesaplanmaktadır. Modelin ikinci aşaması olan olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşaması; olası müdahale alternatiflerinin listelenmesinden sonra sırasıyla müdahale öncelik puanları, müdahale puanları ve uygun müdahale alternatiflerinin belirlenmesi işlemleri olarak dört adımdan oluşmaktadır. Modelin üçüncü aşaması olan durum raporu ve envanterinin hazırlanma aşamasında inceleme yapan uzman tarafından pencere sistemlerinin mevcut durumunda görülen bozulma türleri ve puanları, kullanılan teşhis yöntemleri ve uygulanabilecek müdahale alternatiflerine ait bilgileri içermektedir. Modelin işleyiş şeması Şekil 1'de verilmiştir (Okumuş, 2020).



**Şekil 1.** Pencere sistemlerindeki bozulmaların tespiti ve değerlendirilmesine yönelik geliştirilen karar destek modelinin işleyiş şeması (Okumuş, 2020).

### Aşama 0: Destek Veri Tabanları

Destek veri tabanları ile durum değerlendirmesi ve olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamalarında model, objektif, doğru ve hızlı şekilde karar verilmesine yardımcı olacak şekilde kurgulanmıştır. Veri tabanlarının oluşturulması aşamasında IST tarafından mevcut bina patoloji değerlendirme yöntemlerinde nesnellik gibi konularda yaşanan zorlukları gidermek için geliştirilen Bina Denetim Sistemleri yöntemi modele uyarlanmıştır. Bina Denetim Sistemleri yönteminde taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında görülen bozulmaların denetimi için

literatür çalışmaları ve sahadaki gözlemler sonucunda yapı elemanlarında görülen bozulma türleri, bozulmanın teşhisinde kullanılabilecek yöntemler, bozulmanın sebebi ve sonuçları, önleyici tedbirler ve onarım müdahaleleri vb. bilgileri içeren veri tabanları oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında veri tabanlarının oluşturulması aşamasında Bina Denetim Sistemi yöntemindeki veri tabanları sistemi ile firmalara ait teknik broşürler, bilimsel makaleler, uzman görüşleri, standart ve yönetmeliklerden elde edilen bilgiler doğrultusunda aşağıdaki veri tabanları geliştirilmiştir.

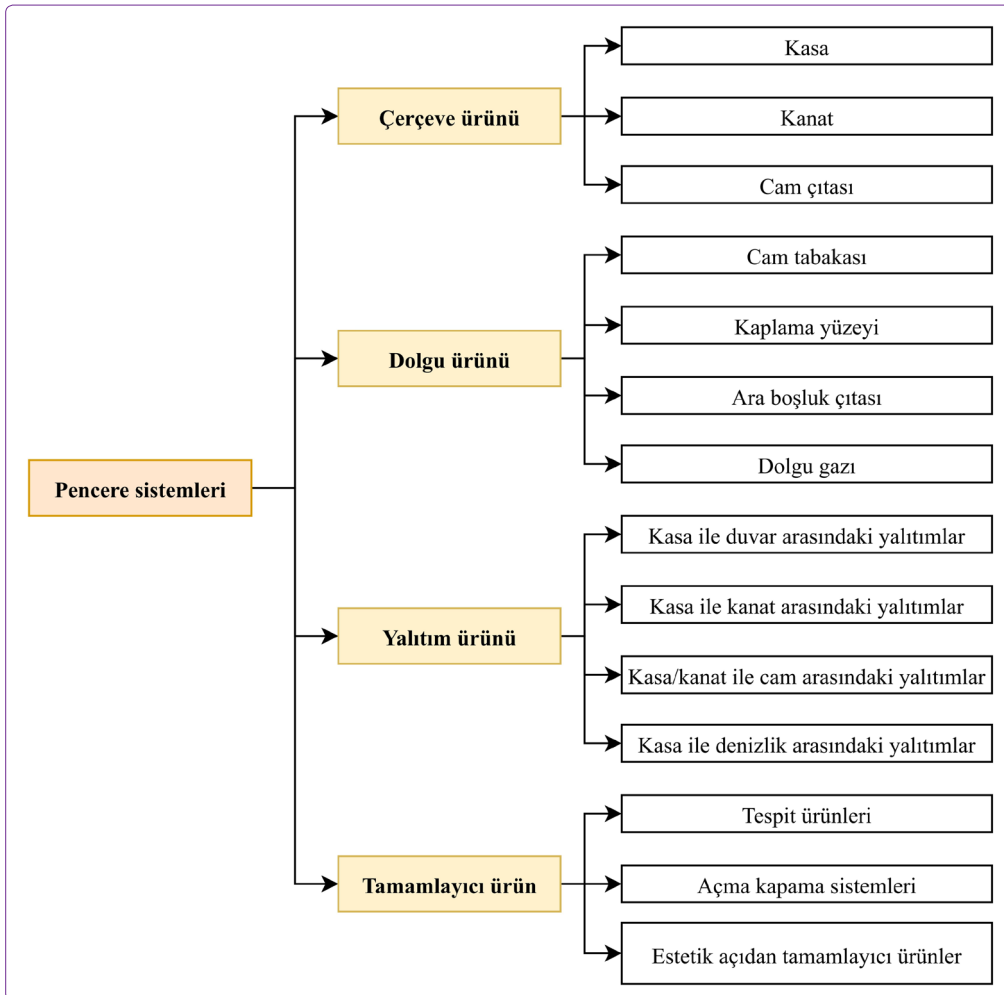
- Bozulma türlerini içeren veri tabanı,
- Bozulmaya sebep olan etkenleri içeren veri tabanı,
- Bozulmaların tespitinde kullanılan tahribatsız teşhis yöntemlerini içeren veri tabanı,
- Pencereelerde oluşan bozulmalara uygulanan müdahaleleri içeren veri tabanı,
- Pencere sistemini oluşturan parçalarda görülen bozulmaların puanını hesaplamak için parçalara verilen ağırlık puanlarına ait veri tabanı,
- Bozulmaların ağırlık puanlarını içeren veri tabanı olarak yedi bölümden oluşmaktadır.

Çalışmada görsel değerlendirmelerin objektif ve sistematik yapılabilmesi için pencere ürünleri için oluşturulan veri tabanında hiyerarşik sınıflandırma yapılmıştır. Pencere sistemlerinin hiyerarşik sınıflandırması; çerçeve, dolgu, yalıtım ve tamamlayıcı ürünler olarak dört bölüme ayrılırken denizlik kapsam dışı tutulmuştur (Şekil 2). Pencere sistemlerinde çerçeve ürünleri kasa, kanat ve cam çitası olarak üç gruba ayrılırken dolgu ürünleri; cam tabakası, kaplama yüzeyi, ara boşluk çitası ve dolgu gazı olarak dört grupta incelenmiştir.

Yalıtım ürünleri hava sızdırmazlığını, su ve ısı yalıtımını sağlayan ürünleri ve derz dolgularını içermektedir. Yalıtım ürünlerinin bazen birden fazla yalıtım özelliği olabileceği için çalışma kapsamında yalıtım ürünlerindeki bozulmaları kasa ile duvar, kasa ile denizlik, kasa ile kanat, kasa/kanat ile cam gibi birleşim noktaları olarak incelenmiştir. Tamamlayıcı ürünler; tespit, açma kapama ve estetik açıdan tamamlayıcı olarak üç gruba ayrılmıştır. Tespit ürünleri tespit vidası, çiviler, tespit profilleri ve yapıştırıcılar olarak sayılabilir. Açma kapama sistemleri içinde ispanyolet mekanizması, açma kapama kolu, menteşe vb. ürünleri içerir. Estetik açıdan tamamlayıcı ürünler olarak pervaz, çıta, söve vb. ürünler sayılabilir. Model aşamalarında kullanılan tablolar yukarıda belirtilen hiyerarşik sınıflandırma doğrultusunda hazırlanmıştır.

### Aşama 1: Durum Değerlendirmesi

Durum değerlendirme aşamasında pencerenin mevcut durumuna ait veriler tespit edilmektedir. Pencerede oluşan bozulmaların tespitinde eksik ya da hatalı veri toplanması müdahale seçim kararında yanlışlık yapılmasına ve müdahalenin uygulanması aşamasında kaynakların yanlış kullanımına sebep olacaktır. Durum değerlendirmesinin



Şekil 2. Pencere sistemine ait hiyerarşik sınıflandırma (Okumuş, 2020).



uzmanın bilgi ve tecrübesine dayalı olmaması için Excel programı üzerinde oluşturulan tablolarda her üründe görülen bozulma türleri yazılmıştır. Çalışmada çerçeve için hazırlanan durum analizi ve değerlendirmesine ait örnek tablo Tablo 1’de verilmiştir. Model kapsamında oluşturulan durum değerlendirme aşaması veri toplama, durum analizi ve durum değerlendirmesi olarak üç adımdan oluşmaktadır.

#### Adım 1.1: Veri Toplama

Geliştirilen modelin veri toplama aşamasında, bina ve pencere sistemlerinde inceleme yaparken verilerin sistematik olarak kaydedilebilmesi için kimlik numaraları verilmektedir. Numara verilen bina ve pencere sistemlerine ait veriler toplanırken bozulmaların fotoğrafları çekilerek mevcut durum arşivlenir. Veri toplama adımı; bina, pencere ve pencereye uygulanmış eski müdahaleler hakkında genel bilgiler olarak üç ana bölümden oluşmaktadır. Bina hakkında genel bilgiler bölümünde binanın adı ve kullanıcı bilgileri, bulunduğu yere ait veriler, yapım yılı, kat sayısı,

binanın fonksiyonu ve binanın formu vb. binaya ait bilgiler toplanırken pencere hakkında genel bilgiler bölümünde pencerenin bulunduğu kat, baktığı yön, çerçeve malzemesi, kasa çeşidi ve özellikleri, çerçevenin duvardaki konumu, denizlik türü, pencere düzeni vb. bilgiler arşivlenmektedir. Pencereye uygulanan eski müdahaleler hakkında genel bilgiler bölümünde ise pencerenin montaj yılı, daha önce yapılan müdahale işlemleri vb. bilgiler kaydedilmektedir.

#### Adım 1.2: Durum Analizi

Durum analizi adımı pencere sistemlerinde görülen bozulma türleri tespit edildikten sonra her bir bozulma türünün yoğunluğu ve etki alanı belirlenmektedir. Durum analizi adımı tablo üzerinde uzmanın uygulayacağı işlemler;

- İşlem 1.2.1: Pencere sistemlerinde görülen bozulmaların tespit edilmesi,
- İşlem 1.2.2: Pencere sistemlerinde görülen bozulmaların bozulma yoğunluğu (BY) ve bozulma alanının (BA) tespit edilmesi,

**Tablo 1.** Çerçevenin durum analizi ve değerlendirmesi adımlarında kullanılan tablo

Çerçevenin Durum Analizi ve Değerlendirmesi												
Pencere Numarası	Not:	Kasanın bozulma puanı (0,6)			Kananın bozulma puanı (0,3)			Cam çitasının bozulma puanı (0,1)			Çerçevenin bozulma puanı	1,00
		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00					
Çerçeve de görülen bozulma türleri			Kasa			Kanat			Cam çitası			
Bozulma No	Bozulma türleri	AP	BY	BA	BŞ	BY	BA	BŞ	BY	BA	BŞ	
Koruyucu katman	BA1-1	Çevresel atıklar	0,1		-			-			-	
	BO1-1/2	İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3		-			-			-	
	BA1-2	Estetik deformasyon	0,2		-			-			-	
	BO1-3	Biyolojik deformasyon	0,4		-			-			-	
	BÇ1-1/2	Koruyucu bölümün süreksizliği/olmaması	1		-			-			-	
Gövde katman	BA1-3	Estetik deformasyon	0,2		-			-			-	
	BO1-4	Fiziksel deformasyon	0,8		-			-			-	
	BO1-5	Biyolojik deformasyon	0,6		-			-			-	
	BO1-6	Kimyasal deformasyon	0,6		-			-			-	
	BÇ1-3	Birleşim noktalarında açılma	1		-			-			-	
	BÇ1-4	Çerçeve yüzeyindeki boşluklar	1		-			-			-	
	BÇ1-5	Çerçeve parçalarında hizalamadan kaynaklı açıklık	1		-			-			-	
	BÇ1-6/7	Çerçeve parçalarında süreksizlik/kırılma	2		-			-			-	
BÇ1-8/9	Çerçeve de eksik parça	2		-			-			-		
Puan	Koruyucu katmanın bozulma puanları	Atık Birikimi (A-A)	0,38	A-A	1,00	1,00	A-A	1,00	1,00	A-A	1,00	1,00
		Deformasyonlar (A-D)		A-D	1,00		A-D	1,00		A-D	1,00	
		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik, olmaması (A-G)		A-G	1,00		A-G	1,00		A-G	1,00	
	Gövde katmanın bozulma puanları	Atık Birikimi (A-A)	0,62	A-A	1,00	1,00	A-A	1,00	1,00	A-A	1,00	1,00
		Deformasyonlar (A-D)		A-D	1,00		A-D	1,00		A-D	1,00	
		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik, olmaması (A-G)		A-G	1,00		A-G	1,00		A-G	1,00	

AP: Ağırlık Puanı BY: Bozulma yoğunluğu BA: Bozulma alanı BŞ: Bozulma şiddeti

- İşlem 1.2.3: Pencere sistemlerinde görülen bozulmalarla ilgili gerekli notların alınması olarak üç işlemden oluşmaktadır.

*İşlem 1.2.1: Pencere sistemlerinde görülen bozulmaların tespit edilmesi:* Durum analizinde incelenen penceredeki bozulmaların tespitinde hızlı ve eksiksiz analiz yapılabilmesi için pencerenin dört ana ürün grubunda farklı bozulmalar görülebileceğinden her ürün için ayrı tablolar oluşturulmuştur. Her ürün grubu için hazırlanan bozulma listeleri, bozulma türlerini içeren veri tabanından alınmıştır. Çalışmada çerçeve için hazırlanan durum analizi ve değerlendirmesine ait örnek tablo Tablo 1’de verilmiş olup çerçeve için hazırlanan bozulma listesi Tablo 1’de “Çerçevede görülen bozulma türleri” başlığı altında gösterilmiştir. Uzman, işlem 1.2.1’de incelenen pencerede tespit edilen bozulma türlerini liste üzerinde işaretler.

*İşlem 1.2.2: Pencere sistemlerinde görülen bozulmaların bozulma yoğunluğu (BY) ve bozulma alanının (BA) tespiti edilmesi:* Pencere sistemlerinde görülen bozulmaların nicel olarak değerlendirilmesi için Hollanda’da bina bileşenlerini değerlendirmek için hazırlanan NEN 2767 (2006) standardı pencere sistemlerine uyarlanmıştır. NEN 2767 (2006) standarda göre bozulmanın yoğunluğu; pencere sistemlerinde görülen bozulmanın sürecine göre yoğunluğu düşük, orta ve yüksek olarak üç yoğunluk sınıfına ayrılmaktadır. Düşük yoğunluk zorlukla görülen bozulmaları, orta yoğunluk ilerleme belirtileri gösteren bozulmaları, yüksek yoğunluk ise bozulmanın onarılamaz durumda olmasını ifade etmektedir. Bozulma alanı ise bozulmanın pencerede etkilediği alanın oranını göstermektedir. Bozulma alanı; %2’den az ise birinci derece, %2-10 arasında ise ikinci derece, %10-30 arasında ise üçüncü derece, %30-70 arasında ise dördüncü derece, %70’ten fazla ise beşinci derece kabul edilmektedir. İşlem 1.2.2’de NEN 2767 (2006) yöntemine göre pencere sisteminde görülen bozulmanın yoğunluğu ve bozulma alanları tabloda açılan listelerden seçilir (Tablo 1).

*İşlem 1.2.3: Pencere sistemlerinde görülen bozulmalarla ilgili notların yazılması:* İşlem 1.2.1 ve işlem 1.2.2 yapıldıktan sonra durum değerlendirmesi için pencerede görülen bozulmaların durumu ile ilgili alınması gereken notlar Tablo 1’deki notlar bölümüne yazılır.

### Adım 1.3: Durum Değerlendirmesi

Durum değerlendirme adımında durum analizinden elde edilen veriler doğrultusunda pencere ürünlerinde görülen bozulmaların şiddeti, sebebi ve etkilediği performansların belirlenmesi ve değerlendirilmesi işlemleri yapılmaktadır. Durum değerlendirme adımı;

- İşlem 1.3.1: Pencere ürünlerinde görülen her bozulma türünün bozulma şiddetinin (BŞ) hesaplanması,
- İşlem 1.3.2: Her bozulma türlerine ağırlık puanı (AP) verilmesi,
- İşlem 1.3.3: Pencerenin katman, parça ve ürünlerine ağırlık puanlarının verilmesi ve bozulma puanlarının (BP) hesaplanması,
- İşlem 1.3.4: Pencere sisteminde görülen bozulmalara sebep olan etkenlerin belirlenmesi,
- İşlem 1.3.5: Pencere sisteminde görülen bozulmaların etkilediği performansların tespit edilmesi olarak beş işlemten oluşmaktadır.

*İşlem 1.3.1: Pencere ürünlerinde görülen her bozulma türünün bozulma şiddetinin (BŞ) hesaplanması:* Pencerelerdeki bozulmaların şiddetinin belirlenmesi için NEN 2767 standardında kullanılan 6 puanlık değerlendirme yöntemi kullanılmıştır. NEN 2767’ye göre bozulma şiddetleri; “1. Mükemmel, 2. İyi, 3. Orta, 4. Zayıf, 5. Kötü, 6. Çok kötü” olarak kabul edilmektedir. Bozulma şiddeti, her bir bozulma sınıfındaki bozulmanın yoğunluğuna ve alanına göre hesaplanmaktadır. Tablo 2’de NEN 2767 standardında kullanılan bozulma şiddetinin hesaplanmasına ait bütünlük tablo verilmiştir (Straub, 2009; Vilhena ve ark., 2011).

*İşlem 1.3.2: Her bozulma türüne ağırlık puanı (AP) verilmesi:* Model kapsamında görülen tüm bozulmaların bozulma şiddetleri hesaplandıktan sonra bozulmaların önem düzeyine bağlı olarak önceden belirlenmiş olan sabit ağırlık puanı ile çarpımı sonucunda bozulma puanları elde edilmektedir. Ağırlık puanlarının belirlenmesinde öncelikle Fernandes ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan çalışmadaki 182 pencere sisteminin incelenmesi sonucunda elde edilen bozulmaların ağırlık puanları esas alınmış ve uzman görüşü alınarak modele uyarlanmıştır. Tablo 3’te bozulma türlerinin ağırlık puanları verilmiştir.

**Tablo 2.** NEN 2767 standardına göre bozulma şiddetleri için kullanılan bütünlük tablo (Straub, 2009; Vilhena ve ark., 2011)

Durum değerlendirme puanlaması						
Bozulma sınıfı	Bozulma yoğunluğu/alanı	< 2	2-10	10-30	30-70	≥ 70
Az düzeyde bozulmalar	Düşük	1	1	1	1	2
	Orta	1	1	1	2	3
	Yüksek	1	1	2	3	4
Orta düzeyde bozulmalar	Düşük	1	1	1	2	3
	Orta	1	1	2	3	4
	Yüksek	1	2	3	4	5
Çok düzeyde bozulmalar	Düşük	1	1	2	3	4
	Orta	1	2	3	4	5
	Yüksek	2	3	4	5	6

**Tablo 3.** Pencere sistemlerinde görülen bozulma türlerinin ağırlık puanları (Fernandes ve arkadaşlarının (2019) çalışmasından uyarlanmıştır)

1. Yalıtım ürünü		
<b>Çerçevenin koruyucu katmanı</b>		
BA1-1	Kaplama yüzeyinde çevresel atık birikimi	0,1
BA1-2	Kaplama yüzeyinde estetik deformasyon (renk değişimi, kabarma vb.)	0,2
BO1-1	Kaplama yüzeyinde inşaat atık birikimi	0,3
BO1-2	Kaplama yüzeyinde biyolojik atık birikimi	0,3
BÜ1-1	Kaplama yüzeyinde biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	0,4
BÜ1-2	Kaplama yüzeyinde süreksizlik	1
BÜ1-3	Kaplama yüzeyinin olmaması	1
<b>Çerçevenin gövde katmanı</b>		
BA1-3	Çerçevede estetik deformasyon (renk değişimi, kabarma vb.)	0,2
BO1-4	Çerçevede fiziksel deformasyon (şişme, ezilme, sarkma vb.)	0,8
BO1-5	Çerçevede biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	0,6-1,5
BO1-6	Çerçevede kimyasal deformasyon (korozyon vb.)	0,6
BÜ1-4	Çerçevenin birleşim noktalarında açılma	1
BÜ1-5	Çerçeve yüzeyinde açılan boşluklar	1
BÜ1-6	Çerçevede hizalamadan kaynaklı açıklık	1
BÜ1-7	Çerçevede süreksizlik	2
BÜ1-8	Çerçevede kırılma	2
BÜ1-9	Çerçevede eksik parça ya da olmaması	2
<b>2. Dolgu ürünü</b>		
BA2-1	Cam yüzeyinde çevresel atık birikimi	0,1
BO2-1	Cam yüzeyinde inşaat atık birikimi	0,3
BO2-2	Cam yüzeyinde biyolojik atık birikimi	0,3
BO2-3	Cam yüzeyinde fiziksel deformasyon (çizilme vb.)	0,4
BÜ2-1	Cam tabakaları arasında buğulanma	1
BÜ2-2	Camın çatlaması	1
BÜ2-3	Camın kırılması	2
<b>3. Yalıtım ürünleri</b>		
BA3-1	Yalıtım ürünlerinde çevresel atık birikimi	0,1
BA3-2	Yalıtım ürünlerinde estetik deformasyon (renk değişimi vb.)	0,2
BO3-1	Yalıtım ürünlerinde inşaat atık birikimi	0,3
BO3-2	Yalıtım ürünlerinde biyolojik atık birikimi	0,3
BO3-3	Yalıtım ürünlerinde fiziksel deformasyon (ezilme, şekil değiştirme vb.)	0,5
BÜ3-1	Derz dolgularının boşalması	1,5
BÜ3-2	Yalıtım ürünlerinde süreksizlik	2
BÜ3-3	Yalıtım ürünlerinde eksik yalıtım uygulaması	2
BÜ3-4	Yalıtım ürünlerinin yaşlanması	2
BÜ3-5	Yalıtım ürünlerinin olmaması	2
<b>4. Tamamlayıcı ürünler</b>		
<b>Tamamlayıcı koruyucu katmanı</b>		
BA4-1	Kaplama yüzeyinde çevresel atık birikimi	0,1
BA4-2	Kaplama yüzeyinde estetik deformasyon (renk değişimi, kabarma vb.)	0,2
BO4-1	Kaplama yüzeyinde inşaat atık birikimi	0,3
BO4-2	Kaplama yüzeyinde biyolojik atık birikimi	0,3
BÜ4-1	Kaplama yüzeyinde süreksizlik	0,8
BÜ4-2	Kaplama yüzeyinin olmaması	0,3
<b>Tamamlayıcı gövde katmanı</b>		
BA4-3	Tamamlayıcı ürünlerde estetik deformasyon (renk değişimi, kabarma vb.)	0,2
BO4-3	Tamamlayıcı ürünlerde fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme vb.)	0,6
BO4-4	Tamamlayıcı ürünlerde kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	0,6
BO4-5	Tamamlayıcı ürünlerde biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	0,6
BÜ4-3	Tamamlayıcı ürünlerde süreksizlik	2
BÜ4-4	Tamamlayıcı ürünlerde kırılma	2
BÜ4-5	Tamamlayıcı ürünlerde eksik parça	2
BÜ4-6	Tamamlayıcı ürünlerin olmaması	2
BA: Az düzeyde bozulmalar      BO: Orta düzeyde bozulmalar      BÜ: Üst düzeyde bozulmalar		

*İşlem 1.3.3: Pencerenin katman, parça ve ürünlerine ağırlık puanlarının verilmesi ve bozulma puanlarının hesaplanması:* Bozulma puanının hesaplanmasında katmanların, parçaların ve ürünlerin her biri için ayrı ağırlık değeri verilmiştir. Çalışma kapsamında Churchmann ve Ackoff (1954) tarafından geliştirilen, bireysel tercihlerin ağırlıkları için önerilen ve kardinal skala gerektiren yöntem ağırlık puanlarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Ağırlık puanları, çalışma süresince yapısal bozulma konularında araştırma yapan üç akademisyen görüşü alınarak belirlenmiştir. Ağırlık değerleriyle öncelikle pencere sistemlerinin çerçeve ve tamamlayıcı ürünlerinin kendi içinde koruyucu ve gövde katmanları arasında ikili olası durum grubu ile ağırlık puanları hesaplanmıştır. Daha sonra pencere parçalarında üçlü olası durum grubu ve ürünler arasında dörtlü olası durum grubuyla ağırlık puanlarına ulaşılmıştır. Pencere sistemlerindeki katman, parça ve ürünlerindeki bozulma puanlarının hesaplanmasında kullanılan ağırlık puanları Tablo 4'te

gösterilmiştir. İşlem 1.3.3'ün devamında işlem 1.3.1'de bulunan bozulma şiddetlerinin Tablo 3'teki bozulma türlerinin ağırlık katsayılarına göre ağırlıklı ortalamalarının hesaplanmasıyla katmanların bozulma puanına ulaşılır. Katmanların bozulma puanlarının Tablo 4'te verilen ağırlık puanlarına göre ağırlıklı ortalama hesaplamaları sonucunda sırasıyla parça, ürün ve pencere sisteminin bozulma puanları hesaplanmaktadır.

*İşlem 1.3.4: Pencere sisteminde görülen bozulmalara sebep olan etkenlerin belirlenmesi:* İşlem 1.3.4'te incelenen pencere sisteminde tespit edilen bozulmalara sebep olan çevresel, insan kaynaklı ve zamana bağlı etkenler belirlenmektedir. Bu işlemde pencere sisteminde görülen bozulmaların sebepleri; fiziksel etki, biyolojik etki, kimyasal etki, mekanik etki, tasarım hatası, üretim hatası, uygulama hatası, kullanım hatası ve doğal yaşlanma olarak dokuz etki üzerinden değerlendirilmiştir.

**Tablo 4.** Pencere sistemlerinin katman, parça ve ürünlerinde görülen bozulmaların puanlarının hesaplanmasında kullanılan ağırlık puanları

Pencere sistemlerini oluşturan katman, parça ve ürünleri	Katman		Parça		Ürün	
	AD	AP	AD	AP	AD	AP
<b>1. Çerçeve ürünü</b>					<b>5</b>	<b>0,31</b>
1.1 Kasa			5	0,6		
• Çerçevenin koruyucu katmanı	3	0,38				
• Çerçevenin gövde katmanı	5	0,62				
1.2 Kanat			3	0,3		
• Çerçevenin koruyucu katmanı	3	0,38				
• Çerçevenin gövde katmanı	5	0,62				
1.3 Cam çitası			1	0,1		
• Çerçevenin koruyucu katmanı	3	0,38				
• Çerçevenin gövde katmanı	5	0,62				
<b>2. Dolgu ürünü</b>					<b>4</b>	<b>0,25</b>
2.1 Cam			5	1		
<b>3. Yalıtım ürünleri</b>					<b>3</b>	<b>0,19</b>
3.1 Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	5	0,25				
3.2 Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	5	0,25				
3.3 Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	5	0,25				
3.4 Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	5	0,25				
<b>4. Tamamlayıcı ürünleri</b>					<b>3</b>	<b>0,19</b>
4.1 Tespit ürünleri			5	0,5		
• Tespit ürününün koruyucu katmanı	3	0,38				
• Tespit ürününün gövde katmanı	5	0,62				
4.2 Açma kapama sistemi			4	0,4		
• Açma kapama sisteminin koruyucu katmanı	3	0,38				
• Açma kapama sisteminin gövde katmanı	5	0,62				
4.3 Estetik açıdan tamamlayıcı ürünleri			1	0,1		
• Estetik açıdan tamamlayıcı ürünlerin koruyucu katmanı	3	0,38				
• Estetik açıdan tamamlayıcı ürünlerin gövde katmanı	5	0,62				

AD= Ağırlık Değeri AP= Ağırlık Puanı

Pencere sistemlerinin katman, parça ve ürünlerinde görülen bozulmaların listesi Tablo 3'te verilmistir.

**İşlem 1.3.5: Pencere sisteminde görülen bozulmaların etkilediği performansların belirlenmesi:** İşlem 1.3.5'te incelenen pencere sisteminde tespit edilen bozulmaların etkilediği performanslar; ısı, su ve nem, hava, ses, mekanik ve estetik olarak altı performans üzerinden değerlendirilmiştir.

### Aşama 2: Olası Müdahale Alternatiflerinin Belirlenmesi

Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamasında pencere sistemlerinde görülen bozulmalara karşı uygulanabilecek en uygun alternatiflerin hızlıca belirlenmesinde uzman kişilerin kullanacağı ve Tablo 5'te gösterilen

Excel tablosu oluşturulmuştur. Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamasında sırasıyla; olası müdahale alternatifleri, müdahale öncelik puanları, müdahale puanları ve uygun müdahale alternatiflerinin belirlenmesi olarak dört adımdan oluşmaktadır.

**Adım 2.1: Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi:** Uzmanın bozulma puanlarına göre müdahalelerin seçiminde hata yapmaması için tüm ürünlere ait müdahale yöntemleri önceden veri tabanlarında belirlenmiş olup Tablo 5'te ilgili alana eklenmiştir.

**Tablo 5.** Pencere sistemlerinde görülen bozulmalara yönelik olası müdahale alternatiflerini belirleme aşamasında kullanılan tablo (Okumuş, 2020)

Olası Müdahale Alternatiflerinin Belirlenmesi								
Müdahale puanının belirlenmesi	Pencere parçalarının katmanlarında görülen bozulmalara bağlı müdahale öncelik puanı	Koruyucu katman			Gövde katmanı			
		Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı	Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı	
Müdahale puanının belirlenmesi	Kasa	-	-	-	-	-	-	
	Kanat	-	-	-	-	-	-	
	Cam çitası	-	-	-	-	-	-	
	Cam	-	-	-	-	-	-	
	Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	-	-	-	-	-	
	Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	-	-	-	-	-	
	Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	-	-	-	-	-	
	Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	-	-	-	-	-	
	Tespit ürünü	-	-	-	-	-	-	
	Açma kapama sistemi	-	-	-	-	-	-	
	Estetik açıdan tamamlayıcı ürün	-	-	-	-	-	-	
Müdahale yöntemlerinin belirlenmesi	<b>Çerçeve Ürünlerine Uygulanabilecek Müdahaleler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Çerçevenin genel temizliği</li> <li><input type="checkbox"/> Çerçevenin üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Su geçirmez ve UV dayanıklı kaplamaların uygulanması</li> <li><input type="checkbox"/> Çerçevde oluşan çatlaklara dolgu uygulanması</li> <li><input type="checkbox"/> Su tahliye kanallarının temizlenmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Yeni su tahliye kanallarının açılması</li> <li><input type="checkbox"/> Cam tespit çitasının yuvasına yerleştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Cam macununun yenilenmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Kanadın değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Pencere sisteminin değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Diğer</li> </ul>			<b>Yalıtım Ürünlerine Uygulanabilecek Müdahaleler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Yalıtım ürünlerinin uygun maddelerle temizlenmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Yerinden çıkan yalıtım ürünlerinin yerine yerleştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Yalıtım ürünlerinin değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Derz dolgularında meydana gelen boşlukların onarılması</li> <li><input type="checkbox"/> Diğer</li> </ul>				
	<b>Cama Uygulanabilecek Müdahaleler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Camın genel temizliği</li> <li><input type="checkbox"/> Eskiyen/bozulan kaplamanın çıkarılması</li> <li><input type="checkbox"/> Cama çevresel etkenlere uygun kaplama uygulanması</li> <li><input type="checkbox"/> Cam tabakaları arasındaki buğunun kurutulması</li> <li><input type="checkbox"/> Camın değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Diğer</li> </ul>			<b>Tamamlayıcı Ürünlere Uygulanabilecek Müdahaleler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Tamamlayıcı ürünlerin genel temizliği</li> <li><input type="checkbox"/> Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması</li> <li><input type="checkbox"/> Menteşede görülen korozyona karşı önlem alınması</li> <li><input type="checkbox"/> Menteşelerin değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Açma kapama sistemlerinin ayarlanması</li> <li><input type="checkbox"/> Açma kapama sistemlerinin değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Korozyon görülen metal ürünlerin değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Vidaların sıkılaştırılması</li> <li><input type="checkbox"/> Koruyucu tabakanın yenilenmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Tamamlayıcı ürünlerin değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Tespit elemanlarının ayarlanması</li> <li><input type="checkbox"/> Diğer</li> </ul>				
Uzman Görüşü								
Müdahale	1-6	Çok iyi	Önleyici bakım	19-24	Kritik	İyileştirme		
	7-12	İyi	Durum bazlı bakım	25-30	Çok Kritik	Değişim		
	12-18	Orta	Onarım					

**Adım 2.2: Müdahale öncelik puanlarının belirlenmesi:** Müdahale öncelik puanlarının belirlenmesi adımı pencere sistemlerinde görülen bozulmalar için müdahale öncelik puanlarının tanımlanması işlemi yapılmaktadır. Müdahale öncelik puanı, bozulmanın estetik, performans ve dayanım olarak üç parametre üzerindeki etkileri beş puanlık ölçek üzerinden değerlendirilmektedir. Öncelik puanları ve tanımları Tablo 6’da belirtilmiştir.

**Adım 2.3: Müdahale puanlarının belirlenmesi:** Müdahale puanlarının belirlenmesi adımı durum değerlendirme aşamasında elde edilen bozulma puanı ile müdahale öncelik puanının çarpılmasıyla müdahale puanı belirlenmektedir. Müdahale puanının hesaplanması için kullanılan matris sistemi Tablo 7’de verilmiştir.

**Adım 2.4: Uygun müdahale alternatiflerinin belirlenmesi:** Uygun müdahale alternatiflerinin belirlenmesi adımı müdahale puanına göre müdahale türü ve müdahale işlemleri seçilmektedir. Tablo 8’de müdahale puan aralıkları, durum ve müdahale türleri verilmiştir. Müdahale puanı 1 ile 6 arasında olan ürünlerde önleyici bakım, 7 ile 12 arasında olan ürünlerde durum bazlı bakım, 13 ile 18 arasında olan ürünlerde onarım işlemleri yapılması uygundur. Müdahale puanı 19 ile 24 arasında olan bileşenlerin

maliyet açısından değiştirilmesi daha avantajlı olmaktadır. Çerçevenin önemine bağlı olarak iyileştirme yapılması düşünülebilir. Müdahale puanının 24’ten fazla olması durumunda pencere sisteminin değiştirilmesi gerekir.

**Aşama 3: Durum raporu ve envanterinin hazırlanması:** Durum raporu ve envanterinin hazırlanma aşamasında incelenen pencere sisteminin mevcut durumuna ve müdahale sürecine ait rapor ve envanter çalışmaları olarak iki adımdan oluşmaktadır.

**Adım 3.1: Mevcut duruma ait rapor ve envanter hazırlanması:** Mevcut duruma ait rapor ve envanter hazırlama adımı; pencerenin mevcut durumuna ait fotoğraflar, kullanılan teşhis yöntemleri, pencerede görülen tüm bozulma türleri ve şiddetleri, bozulmalara sebep olan etkenlere ve etkilediği performanslara ait ilişki grafikleri yer almaktadır.

**Adım 3.2: Müdahale sürecine ait rapor ve envanter hazırlanması:** Müdahale sürecine ait rapor ve envanter hazırlanması adımı pencereyi oluşturan parçaların müdahale puanları ve uygulanabilecek müdahale alternatiflerine ait bilgiler hazırlanmaktadır. Mevcut duruma ve müdahale sürecine ait veriler bir tablo üzerinde birleştirilmesiyle pencere durum ve envanteri raporu oluşturulmaktadır.

**Tablo 6.** Müdahale öncelik puanı (Noor ve arkadaşlarının (2019) çalışmasından uyarlanmıştır)

Puan	Tanım	Durum
1	Bozulmaların performans, dayanım ve fonksiyonunu etkilemeyen sadece estetik değer kayıplarının olması	Tatmin edici
2	Bozulmanın pencere sisteminin fonksiyonu üzerinde etkilerinin başladığı ve estetik değer kayıplarının olması	Hafif
3	Pencere sistemlerinde istenilmeyen estetik ve performans kayıplarının olması	Orta
4	Pencere sistemlerinde istenilmeyen estetik, performans ve dayanım kayıpları görülmesi	Zayıf
5	Bozulmaların onarılamaz seviyede olması	Şiddetli

**Tablo 7.** Müdahale puanına ait karar matrisi

Müdahale önceliği	Bozulma Puanı					
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3	4	5	6
2	2	4	6	8	10	12
3	3	6	9	12	15	18
4	4	8	12	16	20	24
5	5	10	15	20	25	30

**Tablo 8.** Müdahale puanına göre müdahale türleri

Müdahale puanı	Durum	Müdahale türü
1	Çok iyi	Önleyici bakım
2	İyi	Durum bazlı bakım
3	Orta	Onarım
4	Kritik	İyileştirme
5	Çok kritik	Değişim

### Pencere Sistemlerindeki Bozulmaların Tespiti ve Değerlendirilmesine Yönelik Hazırlanan Modelin Uygulanması ve Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında geliştirilen modelin uygulanabilirliğinin ölçülmesi için İstanbul'da bir eğitim binasının alüminyum çerçeveli penceresi üzerinde model denenmiştir. İncelenen alüminyum pencere sistemi, üç katlı çelik strüktürlü yapının ikinci katında kuzeybatı yönüne bakmaktadır. Alüminyum pencere sistemine uygulanan karar destek modelinin aşamaları aşağıda verilmiştir.

**Aşama 1: Durum değerlendirmesi:** Alüminyum pencere için durum değerlendirme aşamasında ilk adımı olan (Adım 1.1) veri toplama adımına başlarken pencere numarası verildikten sonra pencereye ait veriler toplanmıştır. "Adım 1.2 Durum analizi" adımıyla incelenen pencerenin parçalarında görülen bozulma türlerinin tespit işlemleri yapılmıştır. Çerçeve de salgın döneminde eğitim binalarının kullanılmamasına rağmen çevresel atık birikiminin düşük olduğu belirlenirken pencere montajından sonra duvar yüzeyine uygulanan boya işlemleri sırasında pencere çerçevesinde yeterli önlemlerin alınmamasından kaynaklı boya lekeleri kasa ve kanatta görülmektedir. Kasa yüzeyindeki inşaat atık miktarı kanada göre daha fazladır. Çerçeve de görülen bir diğer sorun ise bakımların zamanında yapılmamasından kaynaklı açma ve kapama sorunlarına bağlı kasa ve kanadın kaplama yüzeyinde boyanın süreksizliğidir. Bu oran mevcut durumda %2'den daha azdır. Cam yüzeyinde sadece çevresel etkilerden kaynaklı kirlenme görülmektedir. Yalıtım ürünlerinde orta seviyede toz, kir vb. çevresel atık tespit edilmiştir. Kasa ile kanat arasındaki yalıtım fitillerinde yüksek oranda fiziksel bozulma görülürken kasa/kanat ile cam arasındaki fitillerin cam yüzeyinden ayrılıp sarktığı ve %10-30 oranları arasındaki fitillerin tamamen çıktığı belirlenmiştir. İncelenen pencere sisteminde estetik açıdan tamamlayıcı ürünler bulunma-

maktadır. Tespit ürünlerinde sadece çevresel atık bulunurken açma kapama sisteminde çevresel atıkla birlikte ayar sorunundan kaynaklı işlevsel sorunlar da görülmektedir. Özellikle pencere kolu 90 derece çevrildiğinde kanat yatayda 90 derece hareket ederken düşeyde de 45 derece vasistas olarak açılmaya çalışmaktadır. İncelenen alüminyum pencere sisteminde görülen sorunlara ait fotoğraflar Şekil 3'te verilmiştir.

**Adım 1.3:** Durum değerlendirme adımında, Adım 1.2'de elde edilen bozulma yoğunluklarına ve alanlarına ait bozulma verileriyle NEN 2767 yöntemine göre ürünlerin katmanlarındaki bozulmaların şiddetleri hesaplanmıştır. Tablo 3'teki ağırlık puanları ile katmanlardaki bozulmaların şiddetlerinin çarpımıyla bozulma puanına ulaşılmıştır. Tablo 4'teki ağırlık puanlarına göre ağırlıklı ortalama hesaplamaları sonucunda sırasıyla parça, ürün ve pencere sisteminin bozulma puanları hesaplanmıştır.

İncelenen alüminyum pencere sisteminin durum değerlendirmesi sonucunda kasanın bozulma puanı 1,38, kanadın bozulma puanı 1,19, cam çitasının bozulma puanı 1,00 olması sonucunda çerçevenin toplam bozulma puanı 1,29 olarak belirlenmiştir. Camın bozulma puanı 1,02'dir. Yalıtım ürünlerinin bulunduğu konumlardaki bozulma puanları ise kasa ile kanat arasındaki yalıtımın bozulma puanı 1,31, kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtımın bozulma puanı 3,35, kasanın duvar ve denizlik arasındaki yalıtımın bozulma puanları 1,03 olarak hesaplanmıştır. Tespit ürünlerinin bozulma puanı 1,00 ve açma kapama sisteminin bozulma puanı 2,65'tir. Pencerenin toplam bozulma puanı 1,42 olarak hesaplanmıştır. Pencere sistemlerinde bozulmaya sebep olan etkiler incelendiğinde tüm ürünlerde fiziksel etkiler ve kullanım hatası etkili olurken çerçeve de uygulama hatasının etkileri de görülmüştür. Alüminyum çerçeveye ait durum analizi ve değerlendirme tablosu Tablo 9'da gösterilmiştir.



**Şekil 3.** İncelenen alüminyum pencere sisteminde görülen sorunlara ait fotoğraflar.

**Tablo 9.** Alüminyum çerçeveye ait durum analizi ve değerlendirme tablosu (Okumuş, 2020)

Çerçevenin Durum Analizi ve Değerlendirmesi												
D.305.1	Not:	Kasanın bozulma puanı (0,6)			1,38	Çerçevenin bozulma puanı	1,29					
		Kananın bozulma puanı (0,3)			1,19							
			Cam tespitinin bozulma puanı (0,1)			1,00						
Çerçevede görülen bozulma türleri			Kasa			Kanat			Cam tespiti			
Bozulma No	Bozulma türleri	AP	BY	BA	BŞ	BY	BA	BŞ	BY	BA	BŞ	
Koruyucu katman	BA1-1	Çevresel atıklar	0,1	Orta	%30-%70	2	Orta	%10-%30	1	Düşük	< %2	1
	BO1-1/2	İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3	Yüksek	%30-%70	4	Yüksek	< %2	1			-
	BA1-2	Estetik deformasyon	0,2			-			-			-
	BO1-3	Biyolojik deformasyon	0,4			-			-			-
	BÇ1-1/2	Koruyucu katmanın süreksizliği/olmaması	1	Yüksek	< %2	2	Yüksek	< %2	2			-
Gövde katmanı	BA1-3	Estetik deformasyon	0,2			-			-			-
	BO1-4	Fiziksel deformasyon	0,8			-			-			-
	BO1-5	Biyolojik deformasyon	0,6			-			-			-
	BO1-6	Kimyasal deformasyon	0,6			-			-			-
	BÇ1-3	Birleşim noktalarında açılma	1			-			-			-
	BÇ1-4	Çerçeve yüzeyindeki boşluklar	1			-			-			-
	BÇ1-5	Çerçeve parçalarında hizalamadan kaynaklı açıklık	1			-			-			-
	BÇ1-6/7	Çerçeve parçalarında süreksizlik/kırılma	2			-			-			-
	BÇ1-8/9	Çerçevede eksik parça	2			-			-			-
Puan	Koruyucu katmanın bozulma puanları	Atık Birikimi (A-A)	0,38	A-A	3,50	2,00	A-A	1,00	1,50	A-A	1,00	1,00
		Deformasyonlar (A-D)		A-D	1,00		A-D	1,00		A-D	1,00	
		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik, olmaması (A-G)		A-G	2,00		A-G	2,00		A-G	1,00	
	Gövde katmanının bozulma puanları	Atık Birikimi (A-A)	0,62	A-A	1,00	1,00	A-A	1,00	1,00	A-A	1,00	1,00
		Deformasyonlar (A-D)		A-D	1,00		A-D	1,00		A-D	1,00	
		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik, olmaması (A-G)		A-G	1,00		A-G	1,00		A-G	1,00	

AP: Ağırlık Puanı BY: Bozulma yoğunluğu BA: Bozulma alanı BŞ: Bozulma şiddeti

**Aşama 2: Olası Müdahale Alternatiflerinin Belirlenmesi:** İncelenen alüminyum çerçeveli pencerede belirlenmiş bozulmalar için Adım 2.1’de müdahale alternatiflerini içeren tablolar incelenmiştir. Adım 2.2’de penceredeki her bir ürünün bozulma durumuna göre müdahale öncelik puanları verilmiştir. Daha sonra Adım 2.3’te durum değerlendirmesinde elde edilen bozulma puanları ile müdahale öncelik puanlarının çarpılmasıyla müdahale puanları bulunmuştur. Açma kapama sisteminin müdahale puanı 16, kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtımların bozulma puanı 9 ve diğer parçaların müdahale puanları 1 ile 3 arasında değerlere sahiptir. Adım 2.4’te müdahale puanlarına göre uygun müdahale alternatifleri işaretlenmiştir. Alüminyum pencere sistemi için hazırlanan olası müdahale alternatifleri tablosu Tablo 10’da verilmiştir.

Alüminyum pencerede, müdahale önceliği olarak açma kapama sistemlerindeki bozulmalara yönelik pencere koluyla kanat hareketlerinin ayarlanması, aksamların yağlan-

ması ve genel temizliğinin yapılması gereklidir. Kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtım ürünlerine durum bazlı bakım kapsamında yerinden çıkan fitillerin performansları kontrol edilmeli, uygun olmayan fitiller değiştirildikten sonra birleşim noktalarına yerleştirilmelidir. Pencerenin diğer bölümleri için genel temizlik, ayarlama, yağlama gibi rutin işlemler uygulanmalıdır.

**Aşama 3: Durum raporu ve envanterinin hazırlanması:** İncelenen alüminyum pencere için öncelikle Adım 3.1 kapsamında mevcut durumuna ait veriler durum değerlendirme aşamasından ve Adım 3.2 için müdahale sürecine ait veriler olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamasından alınarak pencerenin durum raporu ve envanteri oluşturulmuştur. Pencerenin durum raporu ve envanter tablosu Tablo 11’de gösterilmiştir.

### Sonuç ve Öneriler

Yapı sektöründe sürdürülebilir mimarlık anlayışı ile



**Tablo 10.** Alüminyum pencerenin olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi için kullanılan tablo (Okumuş, 2020)


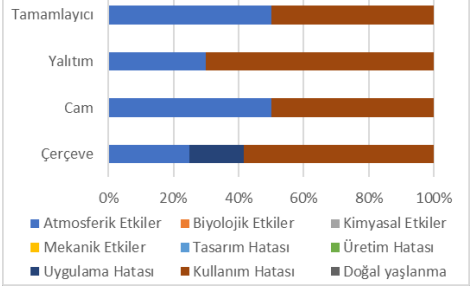
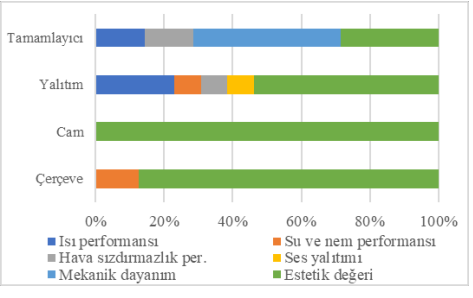
Olası Müdahale Alternatiflerinin Belirlenmesi							
Müdahale puanının belirlenmesi	Pencere parçalarının katmanlarında görülen bozulmalara ait müdahale öncelik puanı	Koruyucu katman			Gövde katmanı		
		Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı	Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı
	Kasa	2	1	2	1	2	2
	Kanat	2	1	2	1	2	2
	Cam çıtası	1	1	1	1	2	2
	Cam	-	-	-	1	2	2
	Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	-	-	1	1	1
	Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	-	-	3	3	9
	Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	-	-	1	1	1
	Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	-	-	1	1	1
	Tespit ürünü	1	1	1	1	3	3
	Açma kapama sistemi	1	1	1	4	4	16
	Estetik açıdan tamamlayıcı ürünü	-	-	-	0	-	-
Müdahale yöntemlerinin belirlenmesi	<b>Çerçeve Ürünlerine Uygulanabilecek Müdahaleler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Çerçevenin genel temizliği</li> <li><input type="checkbox"/> Çerçevenin üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Su geçirmez ve UV dayanıklı kaplamaların uygulanması</li> <li><input type="checkbox"/> Çerçevde oluşan çatlaklara dolgu uygulanması</li> <li><input type="checkbox"/> Su tahliye kanallarının temizlenmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Yeni su tahliye kanallarının açılması</li> <li><input type="checkbox"/> Cam tespit çıtasının yuvasına yerleştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Cam macununun yenilenmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Kanadın değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Pencere sisteminin değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Diğer</li> </ul>			<b>Yalıtım Ürünlerine Uygulanabilecek Müdahaleler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Yalıtım ürünlerinin uygun maddelerle temizlenmesi</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Yerinden çıkan yalıtım ürünlerinin yerine yerleştirilmesi</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Yalıtım ürünlerinin değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Derz dolgularında meydan gelen boşlukların onarılması</li> <li><input type="checkbox"/> Diğer</li> </ul>			
	<b>Cama Uygulanabilecek Müdahaleler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Camın genel temizliği</li> <li><input type="checkbox"/> Eskiyen/bozulan kaplamaların çıkarılması</li> <li><input type="checkbox"/> Cama çevresel etkenlere uygun kaplama uygulanması</li> <li><input type="checkbox"/> Cam tabakaları arasındaki buğunun kurutulması</li> <li><input type="checkbox"/> Camın değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Diğer</li> </ul>			<b>Tamamlayıcı Ürünler Uygulanabilecek Müdahaleler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Tamamlayıcı ürünlerin genel temizliği</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması</li> <li><input type="checkbox"/> Menteşe görülen korozyona karşı önlemlerin alınması</li> <li><input type="checkbox"/> Menteşelerin değiştirilmesi</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Açma kapama sistemlerinin ayarlanması</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Açma kapama sistemlerinin değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Korozyon görülen metal ürünlerin değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Vidaların sıkılaştırılması</li> <li><input type="checkbox"/> Koruyucu tabakanın yenilenmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Tamamlayıcı ürünlerin değiştirilmesi</li> <li><input type="checkbox"/> Tespit elemanlarında ayarlanması</li> <li><input type="checkbox"/> Diğer</li> </ul>			
Uzman Görüşü	Pencere sisteminde müdahale önceliği olarak açma kapama sistemindeki bozulmalara yönelik onarım işlemlerinin yapılmasıdır. Müdahale işlemi olarak pencere kolu ile kanat hareketlerinin ayarlanmasından sonra genel temizliği ve yağlama işlemlerinin yapılması gerekir. Kontrolten hemen sonra müdahale edilmezse müdahaleye kadar menteşe ve vasistas aksamlarında eğilme, mekanik açıdan zayıflama vb. bozulmaların görülebileceği için müdahale öncesi durum kontrolü tekrardan yapılmalı ve dayanımda azalma oluşmuşsa sistemlerin değiştirilmesi gerekli olabilir. Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım ürünlerine durum bazlı bakım planlamasının yapılması gereklidir. Yerinden çıkan yalıtım fitillerinin dayanım özellikleri kontrol edilmeli performans kaybı yoksa yerine yerleştirilmelidir. Performans kaybı olan ürünler de değiştirilmelidir. Pencerenin diğer bölümleri için genel temizlik, ayarlama, yağlama gibi rutin işlemlerin uygulanması gerekir.						
Müdahale	1-6	Çok iyi	Önleyici bakım	19-24	Kritik	İyileştirme	
	7-12	İyi	Durum bazlı bakım	25-30	Çok Kritik	Değişim	
	12-18	Orta	Onarım				

mevcut binaların enerji tüketiminin, çevreye verilen zararların ve yapının kullanım maliyetinin azaltılması, kaynakların etkin kullanılması gibi faaliyetler amaçlanmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda mevcut binalara uygulanan iyileştirme müdahaleleri ile enerji tüketim miktarının ve binaların kullanım maliyetinin azaltılması sağlanabilmektedir. Çalışma kapsamında cephelerin yapı fiziki ve kullanıcı konforu açısından en önemli bileşenlerinden olan pencere sistemlerindeki bozulmaların tespiti ve değerlendirilmesine yönelik bir karar destek modeli oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında geliştirilen karar destek model önerisi ile;

• Karar verici kişilerin (mal sahibi, kullanıcı, kiracı vb.), üreticilerin, tasarımcıların ve uygulayıcıların yenilemeye yönelik bilinçlendirilmesi,

- İç ortam koşullarının ve kullanıcı konforunun korunması,

**Tablo 11.** Alüminyum pencere için hazırlanan durum raporu ve envanteri tablosu

Pencerenin Durum Raporu ve Envanteri						
Pencere Numarası: D305.1	Pencere sisteminde görülen bozulma türleri		Pencerede görülen bozulmalara sebep olan etkenlerin ürünlere göre dağılımı			
	<b>Kasada görülen bozulmalar</b>					
	<input checked="" type="checkbox"/> Çevresel atıklar	2				
	<input checked="" type="checkbox"/> İnşaat ve biyolojik atıklar	4				
	<input checked="" type="checkbox"/> Koruyucu katmanın süreksizliği/olmaması	2				
	<b>Kanatta görülen bozulmalar</b>					
	<input checked="" type="checkbox"/> Çevresel atıklar	1				
	<input checked="" type="checkbox"/> İnşaat ve biyolojik atıklar	1				
	<input checked="" type="checkbox"/> Koruyucu katmanın süreksizliği/olmaması	2				
	<b>Cam çıkasında görülen bozulmalar</b>					
	<input checked="" type="checkbox"/> Çevresel atıklar	1				
	<b>Camda görülen bozulmalar</b>					
	<input checked="" type="checkbox"/> Çevresel atıklar	2				
	<b>Kasa ile kanat arasındaki yalıtımda görülen bozulmalar</b>					
	<input checked="" type="checkbox"/> Çevresel atıklar	2				
	<input checked="" type="checkbox"/> Fiziksel deformasyon (ezilme, şekil değiştirme vb.)	4				
<b>Pencerenin bozulma puanı</b>	<b>1,42</b>	<b>Çerçeve ile cam arasındaki yalıtımda görülen bozulmalar</b>				
2	Çerçeve	1,29		<input checked="" type="checkbox"/> Çevresel atıklar	1	
0,6	Kasa	1,38		<input checked="" type="checkbox"/> Yalıtım ürünlerinde süreksizlik, kopma/yaşlanma	4	
0,3	Kanat	1,19		<input checked="" type="checkbox"/> Yalıtım ürünlerinde eksik yalıtım veya olmaması	4	
0,1	Cam tespit b.	1,00		<b>Kasa ile duvar arasındaki yalıtımda görülen bozulmalar</b>		
1	Cam	1,02		<input checked="" type="checkbox"/> Çevresel atıklar	3	
1	Yalıtım	1,68		<b>Kasa ile duvar arasındaki yalıtımda görülen bozulmalar</b>		
0,25	Kasa-kanat	1,31		<input checked="" type="checkbox"/> Çevresel atıklar	3	
0,25	Kasa/kanat-cam	3,35		<b>Tespit ürününde görülen bozulmalar</b>		
0,25	Kasa-duvar	1,03		<input checked="" type="checkbox"/> Çevresel atıklar	1	
0,25	Kasa-denizlik	1,03		<b>Açma kapama sistemlerinde görülen bozulmalar</b>		
1	Tamamlayıcı	1,83		<input checked="" type="checkbox"/> Çevresel atıklar	1	
0,50	Tespit ürünleri	1,00				
0,50	Açma kapama s.	2,65				
-	Estetik ürünler	0,00				
<b>Kullanılan Teşhis Yöntemleri</b>		<b>Uygulanacak Müdahale Yöntemleri</b>		<b>Müdahale öncelik puanları</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> T-G	<input type="checkbox"/> T-B	<b>Çerçeve Ürünlerine Uygulanabilecek Müdahaleler</b>		<b>Pencereyi oluşturan parçalar</b>	<b>KK</b>	<b>GK</b>
<input checked="" type="checkbox"/> T-G1	<input type="checkbox"/> T-B1-1	<input checked="" type="checkbox"/> Çerçevenin genel temizliği		Kasa	2	2
<input type="checkbox"/> T-G1-1	<input type="checkbox"/> T-B1-2	<b>Cam Ürününe Uygulanabilecek Müdahaleler</b>		Kanat	2	2
<input type="checkbox"/> T-G1-2	<input type="checkbox"/> T-B1-3	<input checked="" type="checkbox"/> Camın genel temizliği		Cam çıkası	1	2
<input type="checkbox"/> T-G1-3	<input type="checkbox"/> T-E	<b>Yalıtım Ürünlerine Uygulanabilecek Müdahaleler</b>		Cam	-	2
<input type="checkbox"/> T-G1-4	<input type="checkbox"/> T-E1	<input checked="" type="checkbox"/> Yalıtım ürünlerinin uygun maddelerle temizlenmesi		Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	1
<input type="checkbox"/> T-G2	<input type="checkbox"/> T-A	<input checked="" type="checkbox"/> Yerinden çıkan yalıtım ürünlerinin yerine yerleştirilmesi		Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	9
<input type="checkbox"/> T-G2-1	<input type="checkbox"/> T-A1	<input checked="" type="checkbox"/> Yalıtım ürünlerinin değiştirilmesi		Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	1
<input type="checkbox"/> T-G2-2	<input type="checkbox"/> T-A2	<b>Tamamlayıcı Ürünlerine Uygulanabilecek Müdahaleler</b>		Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	1
<input type="checkbox"/> T-G3	<input type="checkbox"/> T-A3	<input checked="" type="checkbox"/> Tamamlayıcı ürünlerin genel temizliği		Tespit ürünü	1	3
<input type="checkbox"/> T-G3-1	<input type="checkbox"/> T-T	<input checked="" type="checkbox"/> Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması		Açma kapama sistemi	1	16
<input type="checkbox"/> T-S	<input type="checkbox"/> T-T1	<input checked="" type="checkbox"/> Açma kapama sistemlerinin ayarlanması		Estetik açıdan tamamlayıcı ürün	-	-
<input type="checkbox"/> T-S1	<input type="checkbox"/> T-T2	<input checked="" type="checkbox"/> Açma kapama sistemlerinin değiştirilmesi		<b>KK: Koruyucu katman</b>		
<input type="checkbox"/> T-S2	<input type="checkbox"/> T-T3			<b>GK: Gövde katmanı</b>		

- Cephelerde ve pencerelerde meydana gelen estetik ve fonksiyonel değer kayıplarının azaltılması,
- Diğer cephe bileşenlerinin maruz kalacağı olumsuz etkilerin azaltılması,
- Bilinçsiz ve hatalı yapılan bakım ve onarım işlemlerinden kaynaklı iş yükü, malzeme tüketimi ve performans kayıplarının önlenmesi,
- Yerel ve ulusal kaynakların korunması,
- Yerel yönetimlerin enerji tasarruf hedeflerinde, yapıların enerji performansının değerlendirilmesinde etkili bir araç olması,

- Pencerelerin performans ve estetik değer kayıplarını azaltarak servis sürelerinden önce pencere değişimlerinin önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Bu sayede oluşan atık miktarı ve yeni pencere üretimi aşamasındaki kaynak kullanımı azaltılabilecektir.

Çalışma kapsamında oluşturulan modelin bu versiyonu yapı sistemleri konusunda uzman mimar, mühendis veya teknik elemanlar tarafından kullanılabilir. Değerlendirmeyi yapacak uzman karar destek modelini kullanarak elde edeceği sayısal veriler ve pencereye uygu-

lanabilecek olası müdahaleler hakkındaki kararları içeren bir raporu karar verici kişilerle paylaşacak ve karar verici alternatifler içerisinde seçim yapacaktır. Modelin yazılım haline dönüştürülmesi ile bozulmanın konumu, türü ve oranı vb. konularda bilgilendirici görsel ve yazılı bilgilerle desteklendiğinde ve diğer taşıyıcı olmayan yapı elemanlarını kapsayacak şekilde geliştirildiğinde karar verici kişiler tarafından da kullanılabilir. Yazılım yardımıyla incelenen tüm yapıların mevcut durumları yerel yönetimler tarafından kontrol edilebilecek, gerekli durumlarda yapıların bakım-onarımına yönelik teşvik politikaları ile yapı stokunun sürdürülebilirliğinin sağlanmasına da katkı sağlaması hedeflenmektedir. Geliştirilen karar destek model önerisiyle modelde oluşturulan veri tabanları ve kontrol listeleri sayesinde uzman kişilerin veri toplama ve analiz aşamalarında yapacağı hataların en aza indirilmesi, durum değerlendirme sonuçlarının hızlı, eksiksiz ve tarafsız olması, pencerelerde görülen bozulmaların şiddetlerinin sayısal analizlerinin yapılması, kullanıcıların mevcut durum ve müdahaleler hakkında bilgilendirilmesi, Excel üzerindeki verilerin kayıt altında tutulmasını ve arşivlenmesini mümkün kılmaktadır.

Model çalışması sonucunda çıkan verilerin incelenmesiyle daha sonra yapılacak çalışmalara yönelik öneri olarak Excel sistemi üzerinde oluşturulan modelin yazılım haline getirilmesiyle kullanımının kolaylaştırılması, yerel ve ulusal denetimler için yönetmeliklerin oluşturulması, kullanıcıların bilinçlendirilmesi, pencerelerdeki bozulmalara yönelik istatistiksel analizlerin yapılması, elde edilen istatistiksel analizlerin tasarımcı, üretici ve uygulayıcı kişilerle paylaşılması, yeni çözümlerin aranması ve geliştirilen modelin diğer yapı elemanlarına uyarlanması vb. çalışmalar yapılabilir. Sonuç olarak; yapılan model çalışmasıyla durum değerlendirmesi, müdahale seçimi, yapı stokunun korunması vb. konularda farkındalığın artırılması hedeflenirken çalışmanın, gelecekte mevcut yapı stokunun iyileştirilmesi için yerel ve ulusal denetimlerin ve teşvik politikalarının oluşturulmasında etkili olacağı düşünülmektedir.

### Kaynaklar

- Bozkurt, Ö. (2008). Tarihi yapıların restorasyonunda, ahşabın biyolojik bozulmalarına karşı yerinde empenye tekniklerinin uygulanabilirliği [Basılmamış Doktora Tezi]. Trakya Üniversitesi.
- Churchman, C. W. ve Ackoff, R. L. (1954). An approximate measure of value. *Journal of the Operations Research Society of America*, 2 (2), 172-187.
- CIB. (1993). *Building pathology: A state-of-the-art report* (CIB Report Publication 155). CIB W86, Delft, Netherlands.
- CIB. (2013). *A state-of-the-art report on building pathology*. CIB W86, FEUP, and LFC, University of Porto, Portugal.
- Dolar, A. ve Yılmaz, E. Ş. (2014). Kültürel yapılarda biyolojik bozunma mekanizmaları. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 12 (1), 1-19.
- Ekinci, S. (2016). Alüminyum ve PVC doğrama pencerelerin duvar, lento, denizlik birleşim detayları ve sorunları. *Çatı Cephe*, 11 (64), 48-62.
- Eriç, M. (2002). *Yapı fiziği ve malzemesi* (2. baskı). Literatür Yayıncılık.
- Euroconstruct. (2015). 80th Euroconstruct summary report. 80th Euroconstruct conference. 3-4 December 2015 Budapest, Hungary. <https://www.experian.co.uk/assets/economics/samples/euroconstruct-country-report.pdf>
- European Commission. (2010). *Europe 2020: A strategy for smart, suitable and inclusive growth*. Brussels: European Commission.
- Fernandes, D., Brito, J. ve Silva, A. (2019). Methodology for service life prediction of window frames. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 46 (11), 1010-20. <https://doi.org/10.1139/cjce-2018-0453>
- Hasol, D. (2005). *Ansiklopedik mimarlık sözlüğü* (9. baskı). Yapı Yayın.
- Holt, D. M. (1983). Bacterial degradation of lignified wood cell walls in aerobic aquatic habitats: Decay patterns and mechanism proposed to account for their formation. *Journal of the Institute of Wood Science*, 9 (5), 212-23.
- Kiper, A. (1992). Yapı fiziği açısından günümüz cephe sistemlerinin analizi ve malzeme seçim kriterleri üzerine bir araştırma [Basılmamış Yüksek Lisans Tezi]. Mimar Sinan Üniversitesi.
- Kylili, A., Fokaides, P. A. ve Jimenez, P. A. L. (2016). Key performance indicators (KPIs) approach in buildings renovation for the sustainability of the built environment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 906-915. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.096>
- NEN (2006), *NEN 2767 Condition Assessment of Building and Installation Components – Part 1: Methodology*, NEN, Delft
- Nielsen, T. R., Duer, K. ve Svendsen, S. (2001). Energy performance of glazings and windows. *Solar Energy*, 69, 137-143. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(01\)00062-7](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(01)00062-7)
- Noor, S. M., Mei, C. S., Ibrahim, I. S., Sarbini, N. N., Osman, M. H. ve Khiyon, N. A. (2019). Heritage building condition assessment: A case study from Johor Bahru, Malaysia. In Yaacob, H. et al. (Eds.), *Proceedings IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Malaysia, 220(1), 012024/1-11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/220/1/012024>
- Okumuş, E. M. (2020). Pencere sistemlerindeki bozulmaların teşhis, analiz ve müdahalesine yönelik karar destek modeli [Basılmamış Doktora Tezi]. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.
- Ridout, B. (2004). *Timber decay in buildings: The conservation approach to treatment*. Spon Press, Taylor & Francis.
- Sneck, T. (1973). *On the structure of the performance concept*. VTT Technical Research Centre of Finland: Building Technology and Community Development. Publication No. 2.
- Straub, A. (2009). Dutch standard for condition assessment of buildings. *Structural Survey*, 27(1), 23-35. <https://doi.org/10.1108/02630800910941665>
- Thomsen, A. ve van der Flier, K. (2002). Updating the housing stock, the need for renovation based approaches. *Proceedings ENHR conference Housing Cultures: Convergence and Diversity*, Vienna, 1-11.
- Toydemir, N., Gürdal, E. ve Tanaçan, L. (2004). Yapı elemanı tassa-

- rımında malzeme (2. baskı). Literatür Yayıncılık.
- Van Den Bossche, N., Buffel, L. ve Janssens, A. (2015). Thermal optimization of window frames. *Energy Procedia*, 78, 2500-2505. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.251>
- Vilhena, A., Pedro, J. B. ve Brito, J. (2011). Comparison of methods used in European countries to assess buildings' condition. . In Vasco Peixoto de Freitas, Helena Corvacho, Michael Lacasse (Eds.), *Proceedings of the 12th DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Portugal*, 3, 1267-73.
- Watt, D. S. (2009). *Building pathology: Principles and practice*. John Wiley & Sons.