



Building permit and floor area ratio calculations with the IFC data schema: A model proposal

Eymen Çağatay Bilge*^{ID}

Department of Interior Architecture and Environmental Design, Faculty of Architecture and Design, İstanbul Ticaret University, 34445, İstanbul, Türkiye

Highlights:

- Workflow and model based on the IFC data schema for building permit processes in Türkiye
- Web-based control of FAR calculations and area tables in IFC format
- Customized and sustainable solutions with open data formats and open-source software

Keywords:

- BIM
- IFC
- Building permit
- FAR calculation

Article Info:

Research Article
Received: 16.10.2024
Accepted: 18.01.2025

DOI:

10.17341/gazimmfd.1568540

Acknowledgement:

I would like to thank Mr. Cihat Akyıldız for his valuable contributions during the modeling process of the sample project used in this study

Correspondence:

Author: Eymen Çağatay Bilge
e-mail: ecbilge@ticaret.edu.tr
phone: +90 555 267 4125

Graphical/Tabular Abstract

This study introduces a model presented in Figure A for automating the building permit application process and floor area calculations by leveraging the Industry Foundation Class (IFC) schema. According to the proposed model, municipalities prepare Regulatory Information Requirements (RIR), Information Delivery Specifications (IDS), and Model View Definitions (MVD) within the IFC framework and share them with architects. Building Information Modeling (BIM) models produced according to these specifications are exported using the MVD protocol, and an IDS check is conducted internally. Models deemed suitable are then submitted to the municipality. Within the scope of this study, the developed web application enables municipalities to conduct floor area calculations (FAR) and verify property boundary compliance as part of the regulatory review process. Projects that pass these checks are then subjected to regulatory compliance checks, and those meeting all requirements are granted a building permit.

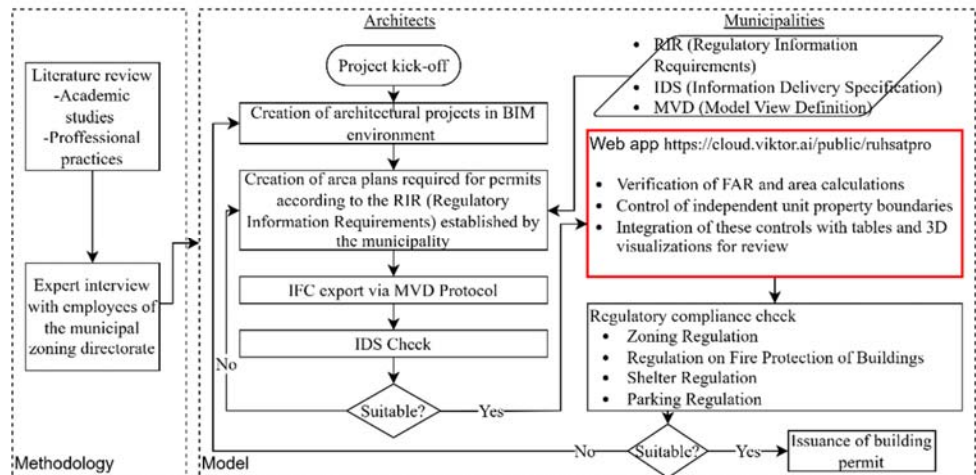


Figure A. Workflow for Building Permit Processes and FAR Calculation with the IFC Data Schema

Purpose: This study aims to automate and enhance transparency in building permit and FAR calculation checks using lightweight, semantic, and topological models based on the IFC data schema.

Theory and Methods: The research began by reviewing both academic literature and professional practices on global digital permit processes. Challenges in Turkey's building permit procedures were identified through interviews with municipal staff. Based on these findings, a model was developed to streamline and digitize permit processes and FAR calculations. A sample project was modeled according to regulatory requirements, and the calculations were tested using a web application.

Results: The model ensured that project submissions in IFC format allowed FAR calculations and property area tables to be verified through semantic models.

Conclusion: The proposed model aims to manage building permit processes more quickly, transparently, and consistently. Within the scope of this study, only FAR calculation controls and property area tables have been proposed and detailed. While the study focuses primarily on FAR calculation checks and property area tables, it lays the foundation for future research on regulation compliance check, integration with property records, and land administration domain models.



Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi

Journal of The Faculty of Engineering
and Architecture of Gazi University

Elektronik / Online ISSN : 1304 - 4915
Basılı / Printed ISSN : 1300 - 1884

IFC veri şeması ile yapı ruhsat süreçleri ve emsal hesaplarının kontrolü: Bir model önerisi

Eymen Çağatay Bilge *

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, 34445, İstanbul, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Türkiye'deki yapı ruhsat süreçleri için IFC veri şemasına dayalı iş akışı ve model
- Emsal hesapları ve alan tablolarının IFC formatında web tabanlı kontrolü
- Açık veri formatı IFC ile belediyeler için özelleştirilmiş ve sürdürülebilir çözümler

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 16.10.2024

Kabul: 18.01.2025

DOI:

10.17341/gazimmfd.1568540

Anahtar Kelimeler:

BIM,
IFC,
yapı ruhsatı,
emsal (KAKS) hesaplama

ÖZ

Türkiye’de yapı ruhsat süreçleri için mimari projeler, geleneksel yöntemler ile fiziksel olarak teslim alınıp ruhsat ve emsal hesap kontrolleri yapılmaktadır. Bu süreçler, doğruluk, verimlilik ve tutarlılık açısından eksiklikler taşımaktadır. Bu çalışma, IFC veri şemasına dayalı hafif ve semantik modeller kullanarak ruhsat ve emsal hesap kontrollerinin otomatik ve şeffaf bir şekilde yapılmasını amaçlamaktadır. Çalışmada, literatür taramasıyla küresel dijital ruhsat süreçleri ve akademik çalışmalar incelenmiş ve Türkiye’deki yapı ruhsat süreçlerinde karşılaşılan zorluklar belediye personeliyle yapılan görüşmeler aracılığıyla tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında, ruhsat süreçleri ve emsal hesaplamalarının iyileştirilmesine ve dijitalleşmesine yönelik bir model ve teslim gereksinimleri geliştirilmiştir. Model ve teslim gereksinimlerine göre örnek bir proje modellenmiş, hesaplar ise bir web uygulaması yapılarak test edilmiştir. Model, projelerin IFC formatında teslim edilmesini mümkün kılarak, emsal hesaplarının semantik modeller aracılığıyla doğru ve standart bir şekilde kontrol edilmesini sağlamıştır. Önerilen model, yapı ruhsat süreçlerinin daha hızlı, şeffaf ve tutarlı bir şekilde yönetilmesini sağlamayı hedeflemektedir. Bu çalışma kapsamında yalnızca emsal ve brüt alan hesap kontrolleri için çözüm önerilmiş ve detaylandırılmıştır. Önerilen model, yönetmeliklere uygunluk kontrolü, mülkiyet kaydı ve arazi alan modelleri ile bütünleştirilmesi gibi potansiyel çalışma alanlarına kapı aralamaktadır.

Building permit and floor area ratio calculations with the IFC data schema: A model proposal

H I G H L I G H T S

- Workflow and model based on the IFC data schema for building permit processes in Türkiye
- Web-based control of FAR calculations and area tables in IFC format
- Customized and sustainable solutions with open data formats and open-source software

Article Info

Research Article

Received: 16.10.2024

Accepted: 18.01.2025

DOI:

10.17341/gazimmfd.1568540

Keywords:

BIM,
IFC,
Building permit,
FAR calculation

ABSTRACT

In Türkiye, architectural projects for building permit processes are submitted using traditional methods, and floor area ratio (FAR) calculations are manually checked. These processes suffer from shortcomings in terms of accuracy, efficiency, and consistency. This study aims to automate and make transparent the building permit and FAR calculation checks by using lightweight and semantic models based on the IFC data schema. The study first reviewed the literature encompassing both academic research and professional practices related to global digital permit processes. Later, challenges encountered in Türkiye’s building permit processes were identified through interviews with municipal staff. Based on these findings, a model was developed to improve and digitize permit processes and FAR calculations. A sample project was modelled according to the regulatory information requirements, and the calculations were evaluated through a web application. The model ensured that projects were submitted in IFC format and that FAR calculations could be verified through semantic models. The proposed model aims to enable the management of building permit processes in a faster, more transparent, and consistent manner. Within the scope of this study, only FAR calculation controls and area tables have been proposed and detailed. The proposed model opens the door to potential areas of study, such as compliance control with regulations, integration with property records, and land administration domain models.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / *Corresponding Author/Authors : *ecbilge@ticaret.edu.tr / Tel: +90 555 267 4125

1. Giriş (Introduction)

Her yıl Türkiye genelinde 100 binden fazla bina yapı ruhsatı almaktadır [1]. Ancak, bu ruhsat başvuruları ve süreçler, büyük ölçüde geleneksel yöntemlerle yürütülmekte olup, projeler genellikle fiziksel çıktı olarak teslim edilmektedir. Proje teslimlerinde bilgisayar destekli çizim dosyaları ve AutoCAD gibi ticari yazılımlar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yapı ruhsatı süreçlerinde, ruhsat ve emsal hesaplarına ilişkin kontroller çoğunlukla bu ticari yazılımlar kullanılarak yapılmaktadır. Bu süreçlerin yönetimi, belediyeler arasında farklılık göstermekle birlikte, büyük ölçüde ilgili personelin bireysel yöntemlerine dayanmaktadır [2]. Süreçlerin yönetimindeki bu farklılık; doğruluk, tutarlılık ve verimlilik açısından önemli eksiklikler yaratmaktadır.

“Industry Foundation Classes” (IFC), yapıya ait bilgilerin tanımlanması, paylaşılması ve alışverişi için kullanılan açık ve standart bir veri modelidir [3]. IFC, bina bilgilerini temsil etmek için standartlaştırılmış bir format sağlayarak farklı yazılım sistemlerinin ve paydaşların sorunsuz bir şekilde veri alışverişi yapmasına olanak tanımaktadır. Belediye yetkilileri, IFC modellerini kullanarak yapı ruhsatı sürecinin yapı ile ilgili yönetmeliklerine uygunluğu kontrol etmek gibi birçok yönünü otomatikleştirebilir [4]. IFC modelleri kullanılarak yapılan kontroller, gerekli tüm kriterlerin ve düzenlemelerin tutarlı bir şekilde uygulanmasını sağlayarak insan hatalarını azaltabilir ve değerlendirme sürecinde daha yüksek bir doğruluk düzeyi sağlayabilir [5]. IFC modellerinin kullanımı, tüm bina bilgilerinin ve uygunluk kontrollerinin açık ve şeffaf bir kaydı sağlamaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile bütünleştirilerek şehir bazında bu belgelendirme yönetilmesine olanak sağlama potansiyeli taşımaktadır [6]. Ayrıca IFC'nin açık kaynak olması [3], ticari yazılımlarla ilişkili pahalı lisans ücretlerine olan ihtiyacı ortadan kaldırarak kamu kaynağının daha verimli bir şekilde kullanılmasına olanak sağlayabilir. Açık kaynaklı yazılımlar, belirli yerel düzenlemeleri ve gereksinimleri karşılayacak şekilde özelleştirilebilir ve belediyelerin ihtiyaçlarına daha iyi uyan özel çözümler oluşturmaya olanak tanıyabilir.

Ruhsat süreçlerini IFC veri şemasını kullanarak dijitalleştiren çeşitli akademik araştırmalar yapılmıştır. Bu alanda yapılan en öncü çalışma, Eastman vd. [7] tarafından yapılmıştır. Yapı Bilgi Modellemesi (“Building Information Modeling”, BIM)’nin inşaat ruhsatı sürecine entegrasyonunun derinlemesine bir incelemesini sunmakta ve özellikle otomatikleştirilmiş, kural tabanlı tasarım değerlendirmesine odaklanmış ve gelecekteki birçok çalışmanın öncüsü olmuştur. O dönemin ardından, bu alanda pek çok çalışma yapılmıştır. Onstein & Tognoni [8], International Standards Organization (ISO) standartlarını kullanarak haritalama, içerik gereksinimleri ve otomatik kalite kontrollerini vurgulayarak yapı ruhsat başvurularında BIM ve CBS'nin entegrasyonunu araştırmıştır. Çalışmalarında, IFC'nin yapı ruhsatı süreçlerinde kullanılabileceğini ancak bu bilgi yapısını kontrol eden doğrulayıcı araca ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Chognard vd. [9], Feature Manipulation Engine (FME) yazılımı kullanarak CBS verilerini IFC formatına dönüştürmüş ve yapı ruhsat süreçlerinde ortak veritabanı kullanarak, bilgi paylaşımını kolaylaştırmıştır. Ayrıca, IFC modelleri üzerinden yapı ruhsat süreci ilk kontrol işlemleriyle eksik belgelerin tespitini yapabilmişlerdir. Piazza vd. [10], ruhsat süreçlerinde sürdürülebilirlik kriterlerine duyulan ihtiyacı vurgulamakta ve erken aşama uygunluk değerlendirmeleri için temel BIM gereksinimlerini tanımlamaktadır. Messaoudi vd. [11], artan konut talepleri karşısında verimliliği artırmak için BIM ve 2017 Florida Bina Kodu-Konut'tan (2017 FBC-R) yararlanılan bir sanal izin çerçevesi önermektedir. Kim vd. [12], Ruhsat süreçlerinde BIM'in benimsenmesini artırmayı amaçlayan IFC veri modeline dayalı bir e-teslim süreci için bir çerçeve geliştirmeye odaklanmış ve kod

kontrolü, gönderim, ön kontrol ve otomatik kural oluşturma olmak üzere dört ana modül oluşturulmuştur. Çerçeve, gerçek bir proje kullanılarak doğrulanmış, kod uyumluluk kontrollerini otomatikleştirmede ve bina e-teslim sürecini kolaylaştırmada fizibilitesini ve etkinliğini göstermiştir. Noardo vd. [13], yaptıkları çalışmada, IFC modellerinin coğrafi referanslandırılmasına ve CityGML ile IFC standartları arasında dönüşüm yapılmasına odaklanarak 3D şehir modellerinin Yapı Bilgi Modelleri ile entegre edilmesine yönelik araçları geliştirmiş, mevcut araçları ve prosedürleri ortaya koymuş, ancak birlikte çalışabilirlik zorluklarını etkili bir şekilde ele almak için daha net kurallara ve kapsamlı teknolojik çözümlere duyulan ihtiyacı vurgulamıştır. Battisti vd. [14], Avusturya'daki inşaat ruhsatı onay sürecini otomatikleştirmeyi araştırmakta, paydaş görüşmeleri ve görev değerlendirmesi yoluyla otomasyon için gerekli sekiz algoritmik görevi tanımlamaktadır. Noardo, Wu, vd. [4], mimarlar tarafından sağlanan modellerdeki kalite ve içerik farklılıklarıyla ilgili zorlukları ele alarak dijital araçlar kullanarak yapı ruhsatı verme işlemini otomatikleştirmeye odaklanmaktadır. Hobeika vd. [15], Rotterdam'daki web tabanlı arayüzleri ile, parsel sınırlarına uygunluk, yollara göre bina yükseklikleri ve yol çıkıntısı değerlendirmelerine odaklanarak, coğrafi veri setleri ve BIM'in entegrasyonu yoluyla yapı ruhsat süreçlerini kontrollerini otomatikleştirmektedir. Güler vd. [16], IFC veri şemasını genişleterek, Türkiye'deki çok katlı binalarda kat mülkiyeti haklarının 3D olarak kaydedilmesini hedeflemektedir. BIM/IFC modellerinin yeniden kullanılması ve bu modellerin kat mülkiyeti haklarının 3D temsilinde nasıl kullanılabileceğini incelemiştir.

Mevcut literatür incelendiğinde, BIM'in inşaat izni süreçlerini kolaylaştırma ve iyileştirme potansiyeli vurgulanmaktadır. BIM entegrasyonunu savunan çalışmalar, otomatik kod kontrolü, gelişmiş iletişim ve artırılmış verimlilik gibi faydalara işaret etmektedir [12, 17, 18]. Ancak, belirlenen zorluklar arasında parçalı veri standartları, birlikte çalışabilirlik sorunları ve kamu kurumlarında kültürel ve organizasyonel değişimlere duyulan ihtiyaç yer almaktadır [19-21]. Bina yönetmeliklerini tercüme etmek için KBimCode ve coğrafi bilgileri BIM ile entegre etmek için GeoBIM gibi alanlardaki gelişmelerle birlikte bu zorlukları ele almak için araştırma çabaları devam etmektedir [22, 23]. Genel olarak bulgular, BIM'in yapı ruhsat süreçlerini dönüştürmek için güçlü bir araç sunduğunu ve devam eden araştırmaların daha geniş bir benimseme ve uygulamanın önünü açtığını göstermektedir. Ruhsat süreçlerinin dijitalleşmesi, IFC modeller ile kontrolünü öneren ve bunu CBS sistemleri ile birleştiren birçok çalışma olduğu görülmüştür. Alanda yapılan tüm bu çalışmalarla Noardo, Güler vd. [24] yaptığı detaylı literatür araştırması ile bu konudaki güncel durumu ortaya sermiştir. Fauth vd. [25], yapı ruhsat süreçlerinin karmaşıklığı ve çok disiplinliliği nedeniyle dijital ve otomatik çözümlerin geliştirilmesinde temel araştırmaların eksikliği ve alt süreçlerin yetersiz incelenmesinin zorluklara yol açtığını belirtmektedir. Bu doğrultuda, yapı ruhsat süreçlerine rehberlik etmek ve gelişmeleri ortak bir çerçevede değerlendirmek için bir ontoloji [26], diğer çalışmalarında ise bir taksonomi [27] geliştirmişlerdir.

Dünyada akademik olarak IFC ile ruhsat süreçlerinin kontrolü için birçok çalışma yapılmıştır. Akademik çalışmaların yanı sıra pek çok ülke ruhsat süreçlerinin dijitalleşmesi yönünde adımlar atmıştır. Singapur [28], Estonya [29], UK, Norveç [30] bunun öncü örneklerindendir. Türkiye ruhsat süreçlerinin dijitalleşmesi yönünde elektronik belge yönetim sistemi [2] ve e-belediye [31] gibi bazı adımlar atsa da bu süreçler belge yönetim sisteminden öteye gitmemiştir. Dosya teslimlerinde ve yönetmeliklerin yorumlanmasında standartlar oluşmamıştır ve belediyeler arasında farklılıklar bulunmaktadır [32]. Modellerin teslimi ve kontrolü

AutoCAD gibi ticari yazılımlar ile ilerlemektedir. Emsal hesaplarının kontrolü ve uygulanmasında ise tutarsızlıklar ve şeffaf olmayan uygulamalar mevcuttur. Güler ve Yomralıoğlu [33] Türkiye için IFC teslim ile ruhsat süreçlerinin kontrolü için proje tesliminden mülkiyet kaydına süreçleri içeren kapsayıcı bir çerçeve ortaya sermiştir. Bu çerçeve çizilmiş olsa da mimarlar için teslim standartları dosya formatları ve emsal hesaplarının kontrolü gibi konular bu çerçeve içerisinde oluşturulması ve detaylandırılması gereken alanlardır.

Bu çalışmanın amacı, IFC veri şemasını kullanan hafif ve semantik modeller aracılığıyla ruhsat süreçlerinin ve emsal hesaplarının kontrolünü sağlayan bir model önermektir. Geliştirilen model, CBS ortamında da etkinleştirilebilecek, basit, anlaşılır ve hızlı bir şekilde uygulanabilir bir yapı sunmayı hedeflemektedir. Çalışma kapsamında, mekânsal modeller üzerinden emsal hesaplarının denetlenmesi ve IFC formatında teslim edilen projelerin yerel yönetimlerle entegre edilerek uygulamanın kolaylaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmanın 2. bölümünde metodoloji aktarılabacak, 3. bölümde uzman görüşlerine yer verilecek, 4. bölümde ise uzman görüşleri ve literatür çalışması doğrultusunda önerilen model sunulacaktır. Son olarak, 5. bölümde Tartışma ve 6. Bölümde ise Sonuç yer alacaktır.

2. Yöntem (Methodology)

Bu çalışmada, IFC veri şeması kullanarak yapı ruhsat süreçleri ve emsal hesaplarının kontrolüne yönelik bir model önerilmektedir. Metodoloji üç ana aşamadan oluşmaktadır (Şekil 1). İlk aşamada, bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Literatür taramasının amacı, konuya ilişkin mevcut bilgi birikimini değerlendirmek, yöntemlerin sağlam temellere dayanmasını sağlamak ve bu alandaki mevcut yaklaşımların avantajları ile eksikliklerini belirlemektir [34]. Bu kapsamda, mevcut yapı ruhsat süreçlerini ve IFC veri şemasının bu süreçlerdeki kullanımını inceleyen akademik ve uygulamalı çalışmalar incelenmiştir. Bu sayede, konu hakkında bilgi edinilmiş ve mevcut yaklaşımların avantajları ve eksiklikleri belirlenmiştir.

İkinci aşamada, yapı ruhsat süreçlerinde sahada karşılaşılan sorunları ve mevcut sistemlerin işleyişini anlamak amacıyla belediye personelleri ile yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Bu yöntem, özellikle süreç içindeki bilgileri ortaya çıkarmak ve pratikte karşılaşılan zorlukları daha iyi anlamak için seçilmiştir [35]. Bu görüşmelerde, yapı ruhsat süreçlerinde karşılaşılan sorunlar, personellerin deneyimleri ve mevcut sistemlerin işleyiş hakkında detaylı bilgiler toplanmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşme formatı kullanılarak, belediyelerin karşılaştığı zorluklar ve ihtiyaç duydukları çözümler belirlenmiştir.

Son aşamada ise, literatür taraması ve görüşmelerden elde edilen bulgular ışığında IFC veri şeması kullanılarak yapı ruhsat süreçleri ve emsal hesaplarının kontrolü için bir iş akışı önerilmiştir. Bugüne kadar IFC şemasının ruhsat süreçlerinde kullanımına yönelik çeşitli akademik ve profesyonel çalışmalar gerçekleştirilmiş olup, bu çalışmalar IFC'nin veri standardizasyonu, süreç entegrasyonu ve hata oranını azaltmadaki etkinliğini göstermektedir [16, 22, 24]. IFC veri şeması, projelerde kullanılan semantik verilerin açık bir formatta ifade edilmesine olanak sağladığı için bu çalışmada tercih edilmiştir.

Önerilen iş akışı, IFC veri şemasının sağladığı bu avantajlardan yararlanarak yapı ruhsat süreçlerine entegrasyonunu ve emsal hesaplarının otomatik kontrolünü sağlamayı hedeflemektedir. Önerilen iş akışı örnek bir proje üzerinden modellenerek pratikteki uygulanabilirliğini değerlendirmek amacıyla bir web uygulaması ile test edilmiştir.

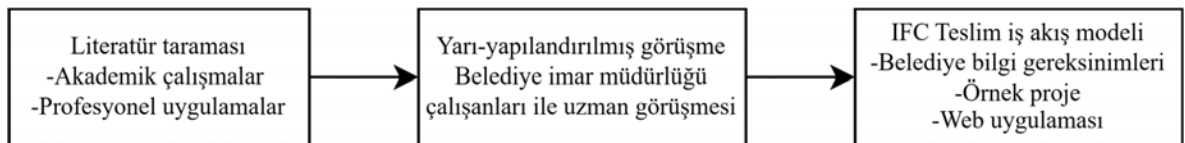
3. Uzman Görüşleri (Expert Review)

Bu çalışmada, bir büyükşehir belediyesine bağlı bir ilçe belediyesinin imar müdürlüğünde görev yapan iki uzman ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşme yapılan her iki uzman da mimarlık alanında lisans eğitimi almış ve ilgili belediyede görev yapmaktadır. Katılımcılar, süreçlere dair bilgi ve deneyime sahip olmaları nedeniyle amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilmiştir. Görüşmelerde, ruhsat sürecindeki belge teslimi, alan hesaplarının yapılması, mimarlık ofisleriyle iletişim yöntemleri, projelerin incelenmesi ve ruhsat süreçlerinde karşılaşılan aksaklıklar gibi konular hakkında önceden hazırlanmış sorular yöneltilmiştir. Katılımcılara yöneltilen sorular aşağıdaki gibidir:

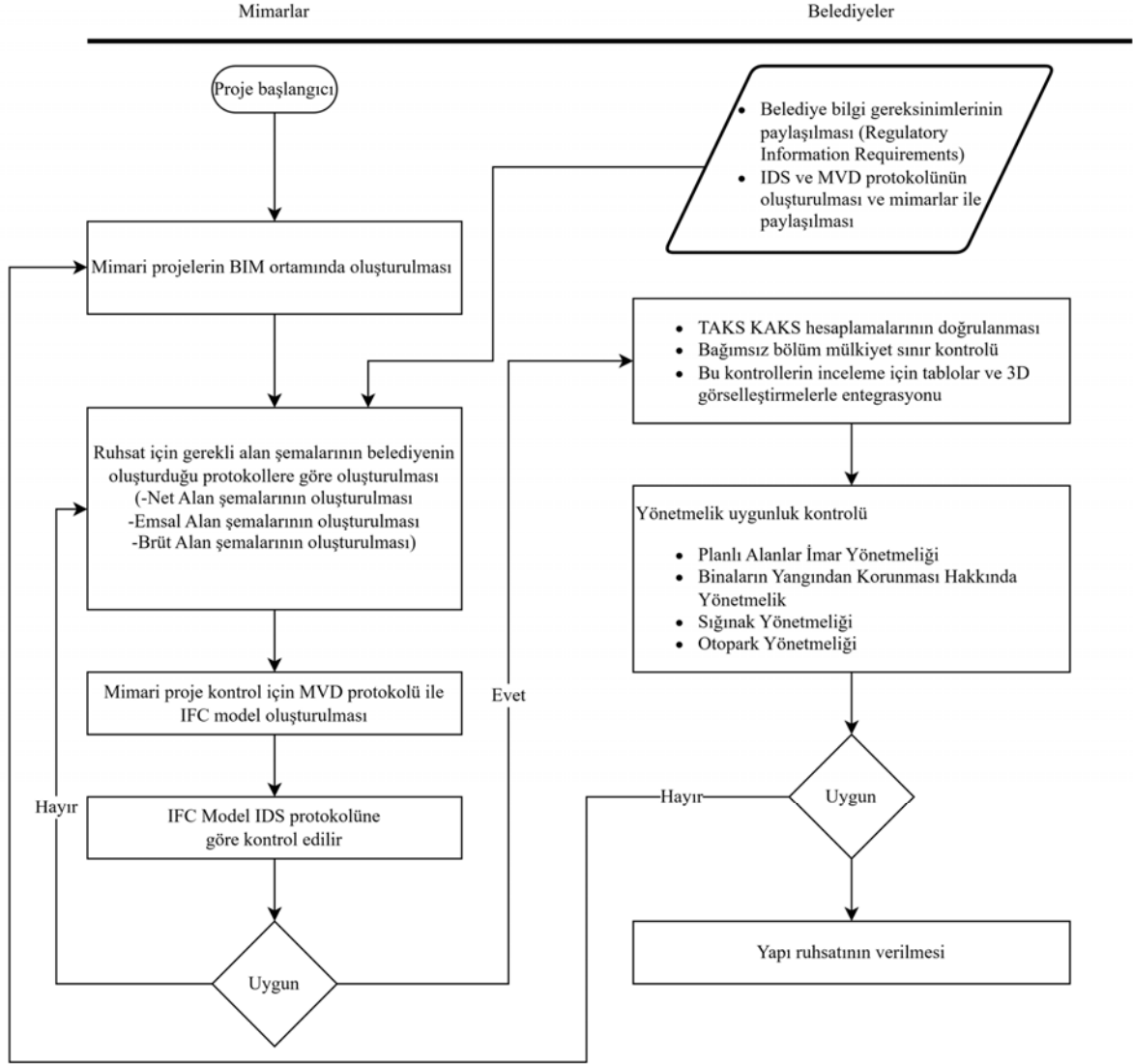
- Ruhsat sürecinde teslim edilmesi gereken belgeleri hangi formatlarda alıyorsunuz? (PDF, CAD dosyaları, fiziksel kopyalar vb.)
- Alan hesaplarını ve kontrollerini nasıl yapıyorsunuz? (Manuel hesaplama, yazılım kullanımı vb.)
- Mimarlık ofisleriyle iletişimi nasıl sağlıyorsunuz? (E-posta, telefon, yüz yüze görüşme, online platformlar vb.)
- Dosyaları inceleme sürecinde hangi yöntemleri kullanıyorsunuz? (Bilgisayar ortamında dijital inceleme, manuel inceleme vb.)
- Yorum ve görüşlerinizi mimarlara hangi platformda iletirsiniz? (E-posta, resmi yazışma, online platformlar vb.)
- Ana başvuruyu yapmadan önce ön inceleme için dosyaları alıyor musunuz?
- Mimarlar size teslim etmeleri için bir format paylaşıyor musunuz?
- İmar başvuru sürecinde en sık karşılaştığınız aksaklıklar nelerdir? (Eksik belge, yanlış hesaplama, iletişim kopukluğu vb.)
- Bu aksaklıkların giderilmesi için ne gibi çözümler önerirsiniz?
- Başvuru süreçlerinde hangi yazılımları veya dijital araçları kullanıyorsunuz?
- Başvuru süreçlerinin iyileştirilmesi için eklemek istediğiniz başka öneriler var mı?

Katılımcılardan elde edilen bulgulara göre, belediyeler projeleri hem fiziksel çıktı hem de dijital format olarak CAD dosyaları teslim almakta, fiziksel çıktılar daha sonra taranarak dijital arşiv oluşturulmaktadır. Alan hesapları ise AutoCAD ve Excel dosyaları üzerinden karşılıklı kontrol ederek yapılmaktadır. Görevliler, AutoCAD dosyalarındaki tablo ve alan şemalarını inceleyen, farklı yazılımlarla hazırlanan projelerin AutoCAD formatına dönüştürülmesi esnasında zorluklarla karşılaştıklarını ve bu dosyaların kontrolünün zorlaştığı belirtmişlerdir.

Mimarlık ofisleriyle iletişim genellikle e-posta yoluyla sağlanmakta, proje eksiklikleri hem bir rapor halinde dijital olarak ve hem de fiziksel çıktılar üstünde işaret ve notlamalar ile bildirilmektedir. Projelerin inceleme sürecinde fiziksel çıktılar hâlâ yaygın olarak



Şekil 1. Metodoloji (Methodology)



Şekil 2. IFC veri şeması ile yapı ruhsat süreci ve emsal hesaplarının kontrolü iş akışı
(Building permit process and FAR calculations workflow with IFC data schema)

kullanıldığı üzerine geleneksel yöntemler ile not alınarak yorumların iletildiği anlaşılmıştır. Görüşmelerde, belediye çalışanları herhangi bir format ya da standart belirlemediklerini belirtmişlerdir. Başvurularda sıklıkla eksik belge ya da yanlış hesaplama gibi sorunlarla karşılaştıkları dile getirilmiştir. Özellikle emsal hesaplarında sıkça hatalar yapıldığı ve yönetmeliklerin farklı yorumlanmasının da bu hatalara katkıda bulunduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, yapı denetim firmaları ve Mimarlar Odası'nın projelerin kontrolünde daha etkin rol alması gerektiği ifade edilmiştir. Mevcut işleyişte sadece imza atıkları ve tüm kontrol ve sorumluluğun belediyeye bırakıldığını ifade etmişlerdir.

Sonuç olarak, ruhsat süreçlerinde yaşanan aksaklıkların giderilmesi için dijitalleşmenin hızlandırılması, yapı denetim ve meslek odalarının daha etkin denetim mekanizmaları geliştirmesi gerektiği önerilmiştir. En çok hataların emsal hesaplarında yapıyor olması, yönetmeliklerin farklı anlaşılması gibi gerekçeler ile sıkça geri dönüşler olmaktadır. Bu süreçte, başvuru dosyalarının dijital ortamlarda toplanması ve emsal hesaplarının yine ortak bir veri ortamı ve standart ile kontrol edilmesi hem şeffaflığı artırabilir hem de hataların minimize edilmesine katkı sağlayabilir.

4. Model (Model)

4.1. Yapı Ruhsat Süreci İş Akışı (Workflow of the Building Permit Process)

Yapı ruhsat süreçleri ve emsal hesaplarının kontrolünü sağlamak amacıyla IFC veri şeması kullanılarak bir iş akışı geliştirilmiştir (Şekil 2). Bu iş akışı, BIM ortamında oluşturulan mimari projelerin IFC veri şeması aracılığıyla ruhsat süreçlerine entegrasyonunu ve bu süreçlerin dijital ortamda yönetimini amaçlamaktadır. Bu çalışmada geliştirilen IFC şeması, IFC'nin 4.3 versiyonu için tasarlanmıştır. Bu versiyon, BIM süreçlerinde daha zengin semantik yapı ve veri çeşitliliği sunduğu için tercih edilmiştir [36].

İlk aşama, mimari projelerin BIM ortamında tasarlanması ve bu projelerdeki alan şemalarının oluşturulmasıdır. Alan şemaları, projelerdeki brüt alanlarını, net alanlarını ve emsale dahil veya emsal harici alanları gösteren şematik çizimlerdir. Bu şemalar, ruhsat süreçlerinde gerekli kontrollerin yapılması için önemlidir çünkü projelerin yönetmeliklere uygunluğu ve emsal hesaplarının doğruluğu bu veriler üzerinden değerlendirilmektedir.

Tablo 1. Kat irtifakına ve kat mülkiyetine esas paylaşım tablosu (Allocation table for condominium and property ownership)

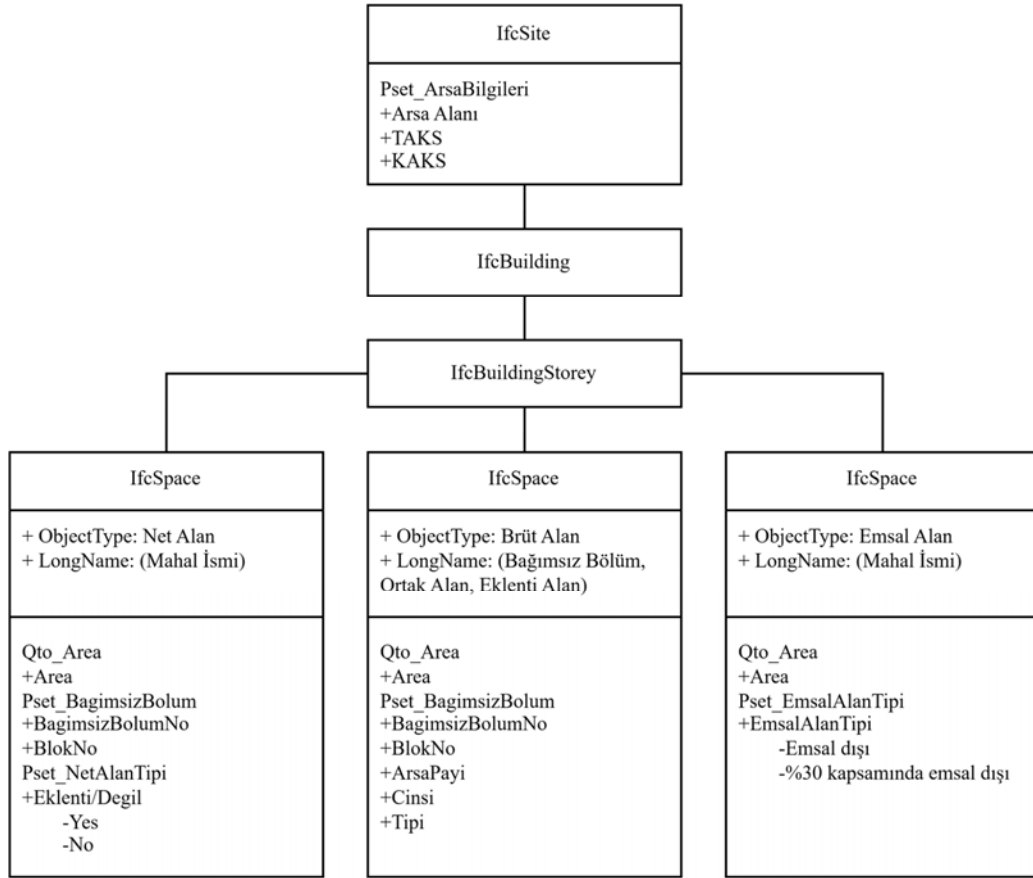
Bağımsız bölüm no	Arsa payı	Bulunduğu kat	Cinsi	Hisse oranı	Sahipleri	İmza
-	-	-	-	-	-	-

Tablo 2. Metrekare cetveli (Property unit allocation table)

Bağımsız bölüm no	Bulunduğu kat	Cinsi	Tip	Arsa payı	Net alan	Eklenti net alan	Brüt alan	Eklenti brüt alan	Toplam brüt alan	Ortak alan	Genel brüt alan
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 3. Emsal özet tablosu (Floor area ratio summary table)

Kat adı	İnşaat alanı	Toplam emsal dışı	Doğrudan emsal dışı	%30 kapsamında emsal dışı	Emsal alanı
-	-	-	-	-	-

**Şekil 3.** IFC teslim gereksinimleri (IFC delivery requirements)

Alan şemaları, mimarlar tarafından oluşturulup, ruhsat sürecinde gerekli kontrolleri belediye teslimi öncesi yapılır. Bu bilgiler ve gereksinimler belediyenin paylaştığı belediye bilgi gereksinimlerine göre yapılır. Modelin bir sonraki aşaması, Belediye'nin ilettiği MVD protokolüne göre projelerin IFC açık veri formatına getirilmesidir. MVD, belirli bir amaca yönelik, IFC formatında tanımlanmış yapı bilgi modellerinin belirli bir kısmının ya da alt kümesinin spesifik bir kullanım amacı için standartlaştırılmasını sağlayan bir tanımdır [37]. Açık veri formatına getirilen model üstünde belediyenin paylaştığı IDS (Information Delivery Specification) ile kontrolü yapılır. Bu sayede eksik olan bilgilerin girilip ön kontrollerin hızlı bir şekilde yapılması sağlanabilir. IDS, bir proje aşamasında ya da belirli bir teslimat noktasında gereken bilgilerin doğru ve eksiksiz olduğundan emin olmak için parametrelerin doğruluğunu denetler [38]. IDS, IFC

modelinde belirtilen bu parametrelerin belirli kurallar çerçevesinde kontrol edilmesini sağlar. Örneğin, bağımsız bölüm numarası, emsal alan bilgileri gibi değerlerin belirli bir formatta olup olmadığını kontrol etmek için kullanılabilir. Böylece hem yönetmeliklerin gereksinimlerine uygunluk sağlanır hem de modelin teslimatta hatasız olmasına yardımcı olunur. Eğer model gerekli kontroller sonucu uygun ise diğer gerekli yasal işlemler ile belediyeye resmi ruhsat başvurusu için gönderilir.

Ruhsat başvurusu için gönderilen modellere bu aşamada, belediye tarafından gerçekleştirilecek olan işlemler, TAKS (Taban Alanı Kat Sayısı) ve KAKS (Kat Alanı Kat Sayısı) hesaplamalarının doğrulanması ve bağımsız bölüm mülkiyet sınırlarının kontrolünü içermektedir. Proje doğruluğu ve uygunluğunun sağlanması amacıyla,

bu kontrollerin gözden geçirilmesi için tablolar ve 3D görselleştirme araçları kullanılabilir. Bu yöntemler, projenin yasal gerekliliklere uygunluğunu etkin bir şekilde değerlendirmeyi ve düzenleyici otoritelerle bilgi akışını optimize etmeyi hedeflemektedir. Daha sonrasında, yönetmelik uygunluk kontrolü aşamasında, Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, Sığınak Yönetmeliği ve Otopark Yönetmeliği gibi ilgili mevzuatların sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmelidir. Semantik verileri barındıran IFC modelleri, ilgili yönetmeliklere uyumun sağlanması için gerekli anlamsal verileri içermektedir. Bu uyum kontrolü, semantik modele üçüncü parti yazılımlar entegre edilerek gerçekleştirilebilir. Yönetmeliklere uyum sağlandığı takdirde, proje ruhsatı verilmesi için onaya sunulur. Eğer yönetmeliklere uygunluk sağlanamazsa, gerekli düzenlemelerin yapılması ve tekrar değerlendirilmesi için proje geri gönderilir.

4.2. Belediye Bilgi Gereksinimleri (Regulatory Information Requirements)

Mimari projeler belediyeye ruhsat için teslim edilirken bazı hesap tabloları ve bazı alan şemaları ile teslim edilmektedir. Bu tablolar ve şemalar farklı belediyelerce formatları değişiklik gösterse de temel olarak hepsi Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nde geçen kavramları kullanarak üretilir. Bu yönetmeliğe göre yapı projeleri, kat ittifakına ve kat mülkiyetine esas paylaşım tablosu (Tablo 1) ve metrekafe cetvelini (Tablo 2) içermek durumundadır. Tablo formatında teslim edilmesi, yönetmelikte açıkça belirtilmemesine rağmen, emsal hesaplarını gösteren şemalar (Şekil 4), emsal özet tabloları (Tablo 3) ve bazı durumlarda kat bazında emsal tabloları da sıklıkla mimarlar tarafından hazırlanıp mimari proje eki olarak teslim edilmektedir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı [39] yaptığı taslak yönetmelik kapsamında bu tabloları da teslim standardı olarak eklemiştir.

BIM modellerinde, yapıların hiyerarşik düzenini tanımlayan IfcSite, IfcBuilding, IfcBuildingStorey ve IfcSpace sınıfları, yapıların mekânsal organizasyonunu belirlemede kritik rol oynar. IfcSite, bir yapının konumlandığı alanı, yani arsayı ifade ederken; IfcBuilding, bu arsa üzerinde inşa edilen binayı tanımlar. Binanın farklı katmanlarını oluşturan yapısal öge ise IfcBuildingStorey olup, her bir kat için ayrı bir bilgi kümesi oluşturur. IfcSpace ise bu katların içindeki mahalleri ve bu mahallerin geometrik ve işlevsel özelliklerini ifade eder [36]. Bu sınıflar arasındaki ilişki, mimari projelerin detaylandırılmasını ve özellikle alan hesaplamalarının tutarlı bir şekilde yürütülmesini sağlar. Bu model kapsamında geliştirilen, ruhsat süreci için gerekli IFC teslim gereksinimleri Şekil 3'te görülebilir. İlk olarak IfcSite sınıfı içinde arsaya ait TAKS, KAKS vs arsa alanı gibi bilgiler doldurulur. Ruhsat süreçleri için teslim edilen alan şemaları dikkate alındığında, IFC modeli içinde IfcSpace objeleri, farklı alan şemalarının oluşturulmasında önemli bir yer tutar. Bu bağlamda, gerekli hesaplar için net alan, brüt alan ve emsal alan olmak üzere üç ayrı şema planlanmıştır.

İlk şema, mahal net alanlarının içerdiği net alan şemasıdır (Şekil 4). Bu şemadaki mahaller, alan bilgisine ek olarak ilgili bağımsız bölüm numarası ve varsa birden fazla bloklu projeler için blok numarası içermelidir. Ayrıca mahalın eklenti olup olmadığı da Eklenti/Değil parametresi ile işlenmelidir. Bu şema ile ilgili tablolardaki yönetmelikte geçen Bağımsız bölüm net alan ve eklenti net alan değerleri bulunmaktadır.

İkinci şema ise brüt alan şemasıdır (Şekil 4). Brüt alan şeması, bağımsız bölümleri, onların eklentilerini ve ortak alanlarını brüt olarak gösteren bir şemadır. Bu şema ile yönetmelikte geçen bağımsız bölüm brüt alan, eklenti brüt alan ve bağımsız bölüm genel brüt alan parametreleri bulunmaktadır. Bu alanların toplamı toplam inşaat alanını vermemelidir.

Üçüncü şema, emsal alan şemasıdır (Şekil 4). Emsal alan şeması, %30 kapsamındaki ve doğrudan emsal dışı alanların belirlendiği şemadır. Bu şemada, ilgili mahaller isimleriyle adlandırılır ve "EmsalAlanTipi" parametresi doldurulur. Emsal dışı alanlar, ilgili katın inşaat alanından düşülerek kat bazında emsal alanları hesaplanabilir. İBB'nin yayınladığı taslak yönetmelikte, %30 kapsamındaki mahaller için "Mimari Kullanım Alanı" adıyla yeni bir tanım eklenmiş ve kat bazında emsal şemasında %30 düşümün, projedeki mahallerden ve projeden bağımsız olarak çizileceği belirtilmiştir.

Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinin 5. maddesinde yer alan %30 hesabına dâhil edilmeksizin emsal harici olan alanlar dışında, projesinde gösterilecek diğer emsal harici alanların tümü mimari kullanım alanı şeklinde ifade edilir. Parselde yapılacak tüm yapılara ilişkin emsal harici gösterilen mimari kullanım alanlarının toplamı, kullanılan emsalin %30'unu geçemez. Bu alanlar projenin sadece emsal şemasında gösterilir ve herhangi bir mahal ismi olarak belirlenemez [39].

Bu çalışmada, bu varsayım çekinceli bulunmuştur. Önerilen kavramsal model, Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nde belirtildiği şekilde yalnızca ilgili alanları kapsayacak şekilde bırakılmıştır. Projeden bağımsız olarak yalnızca hesap için böyle bir "mimari kullanım alanı" kavramının getirilmesi durumu karmaşıkleştirmiş, %30 kapsamındaki alanların istisnasız tüm alanlarda sağlanması, yapılarda ekstra %30 imar artışı ile aynı anlamı taşımaktadır.

4.3. Örnek Proje (Sample Project)

Önerilen iş akışı, örnek bir mimari proje üstünden test edilmiştir. Proje, BIM ortamında Autodesk Revit 2025 ile modellenmiştir. Autodesk Revit 2025 versiyonu ile birlikte IFC dışı aktarım ayarlarını daha şeffaf ve yönetilebilir hale getirmiş ve bunu bir rehber olarak yayınlamıştır [40]. Önerilen iş akış modelinde net alan için Revit "Rooms" kategorisi kullanılmıştır (Şekil 5). Bu kategori ayarlarında "UserDefinedType" olarak "Net Alan" belirtilmiştir. Revit yazılımında kullanılan "Rooms" kategorisi, projelerde sıklıkla doldurulan hem mahallere ait geometrik hem de parametrik bilgileri içeren bir veri kaynağı olarak işlev görmektedir. "Rooms" kategorisi, mimari projelerde mahal net alanlarının doğru ve etkin bir şekilde hesaplanması için gerekli veriyi modelden doğrudan sağladığı için çalışmada net alan için söz konusu şema tercih edilmiştir. Brüt Alan ve Emsal Alan "IfcSpace" şemaları için ise Revit "Areas" kategorisi kullanılmıştır. Bu kategoride iki şema kullanıldığı için Revit'in standart "Category Mapping" tablosu kullanılamamıştır. Bunun için ilgili alanlara bir "ObjectTypeOverride" isminde bir "Shared Parameter" eklenmiş ve IFC dışı aktarımın doğru bir şekilde yapılması sağlanmıştır (Şekil 6). Önerilen iş akış modelindeki IFC teslim gereksinimleri ile ilgili Pset ve Qto parametreleri için Revit programında ilgili kategorilere TR_BagimsizBolumNo, TR_EmsalAlanTipi, TR_Eklenti/Degil isimlerinde "Shared Parameter" oluşturulmuştur. Oluşturulan parametrelerin ilgili kategorilerde IFC olarak dışı aktarımı ise Revit'in "User defined property sets" ayarı ile yapılmıştır. İlgili metin dosyası düzenlenerek Revit kategorilerinin IFC şemasında doğru bir şekilde aktarımı hedeflenmiştir (Şekil 7). Bu parametre ayarlarına göre mimari projede ilgili alan şemaları oluşturulmuş ve IFC olarak dışı aktarılmıştır. IFC ile dışı aktarım MVD protokolü ile oluşturulmuştur. Yalın bir yöntemle ihtiyaç olan veri gereksinimlerinin eksiksiz bir şekilde karşılanabilmesi ve kontrol edilebilmesi amacıyla MVD'nin tamamlayıcı bir protokol olarak kullanılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

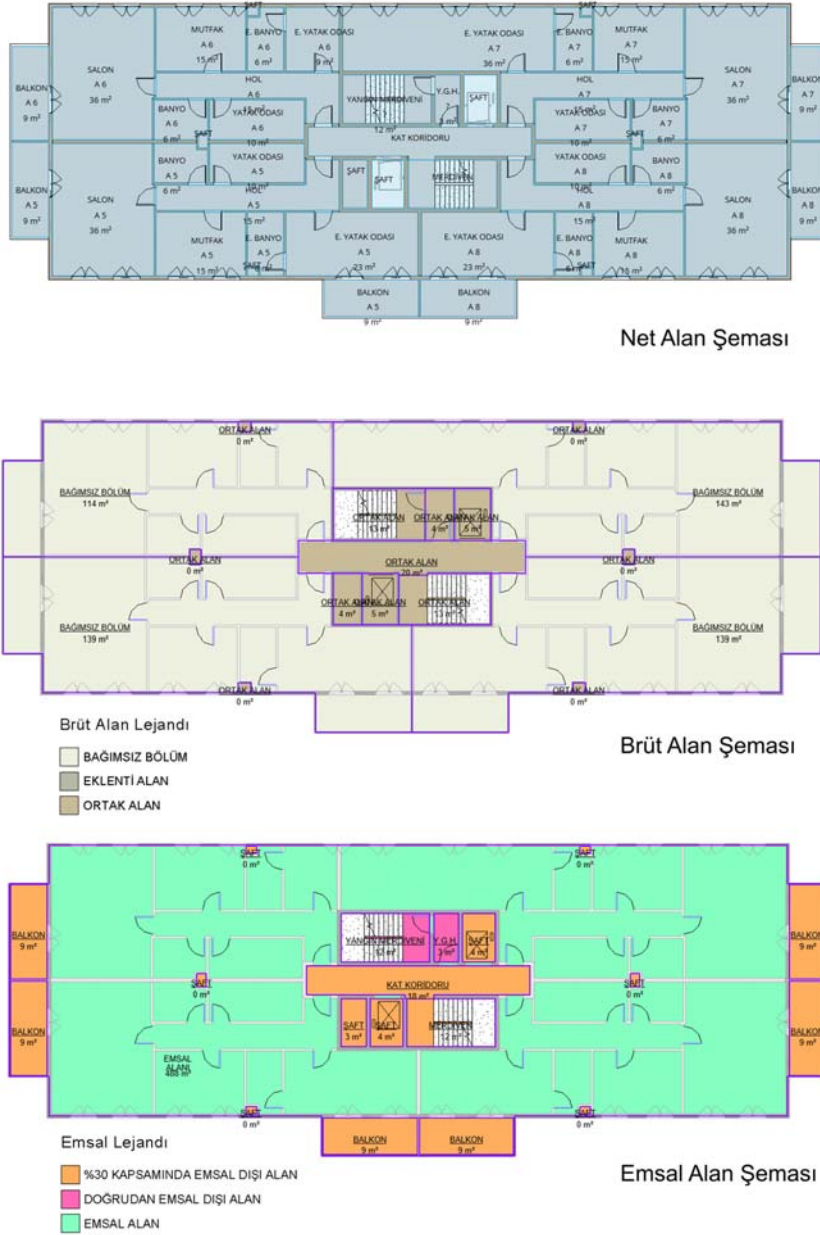
Bu protokol Revit ortamında oluşturulmuş ve .json dosyası olarak <https://github.com/eymenbilge/RuhsatPro> adresinde bulunmaktadır. Dışa aktarılan IFC dosyası daha sonrasında oluşturulan IDS dosyası

ile kontrolü yapılmıştır. Bilgi gereksinimleri usBIM IDS Editor ile oluşturulmuştur [34]. Oluşturulan .ids dosyası <https://github.com/eymenbilge/RuhsatPro> adresinde bulunmaktadır. IDS standardı IFC teslim gereksinimlerinin (Şekil 3) model dosyasında olup olmadığını test ederken, MVD ü bu gereksinimlere uygun verilerin IFC modelinden otomatik olarak çıkarılmasını sağlamıştır.

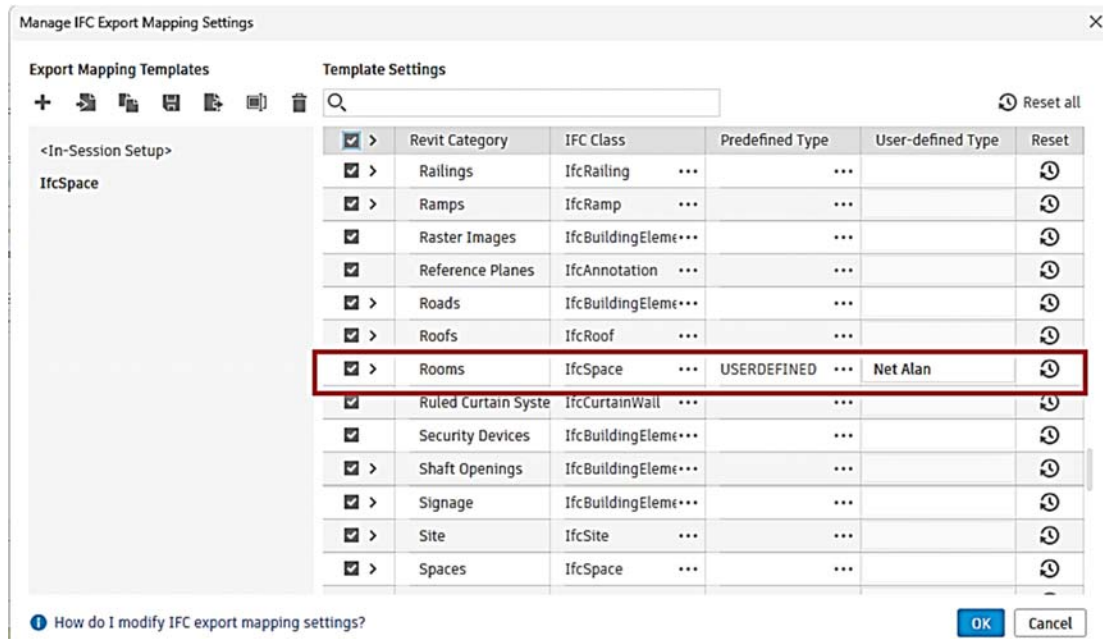
4.4. Web Uygulaması (Web Application)

Bu çalışma kapsamında, IFC veri şeması ile yapı ruhsat süreçlerinin ve emsal hesaplarının otomatik olarak kontrol edilmesini sağlamak ve IFC olarak dışarı aktarılan projenin belediyenin mimari proje teslimlerinde istediği kat mülkiyetine esas paylaşım tabloları (Tablo 1), metrekaşe cetveli (Tablo 2) ve emsal özeti (Tablo 3) tablolarını

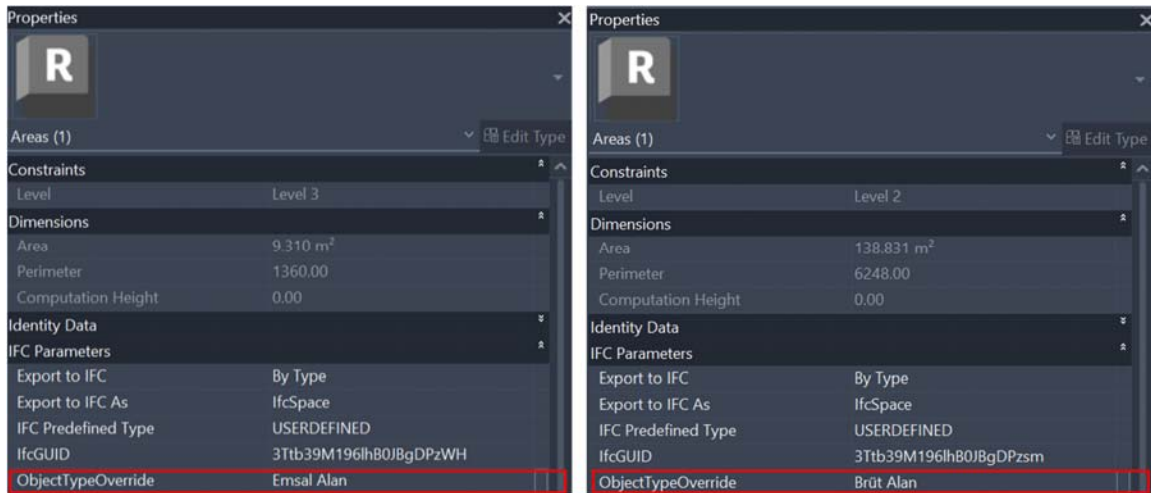
oluşturulabildiğini denetlemek için Ifcopenshell [41] ve pandas kütüphanesi [42] kullanılarak Viktor.ai [43] platformu üzerinde çalışan bir web uygulaması geliştirilmiştir (<https://cloud.viktor.ai/public/ruhsatpro>). Ifcopenshell, açık kaynaklı bir yazılım kütüphanesi olup, IFC formatındaki verilerin okunması, yazılması ve analiz edilmesi süreçlerinde önemli araçlar sunmaktadır [41]. Python tabanlı olan bu kütüphane, projelerin IFC formatında işlenmesi için geniş bir işlevsellik sağlayarak, veri paylaşımı ve uzun vadeli dijital saklama açısından avantaj sağlamaktadır. Pandas ise, özellikle veri manipülasyonu ve analizi konularında güçlü bir araç olarak tercih edilmiştir; bu sayede IFC modelinden elde edilen veriler net alan, brüt alan ve emsal hesaplamalarının doğruluğunu sağlamada etkili bir şekilde kullanılabilmiştir [42]. Viktor.ai ise mimarlık mühendislik ve teknik projeler için kullanıcı dostu web uygulamaları geliştirmeye yönelik bir platformdur [43].



Şekil 4. Örnek alan şemaları (Sample area plans)



Şekil 5. Net Alan şeması dışa aktarım ayarı (Net Area Plan export settings)



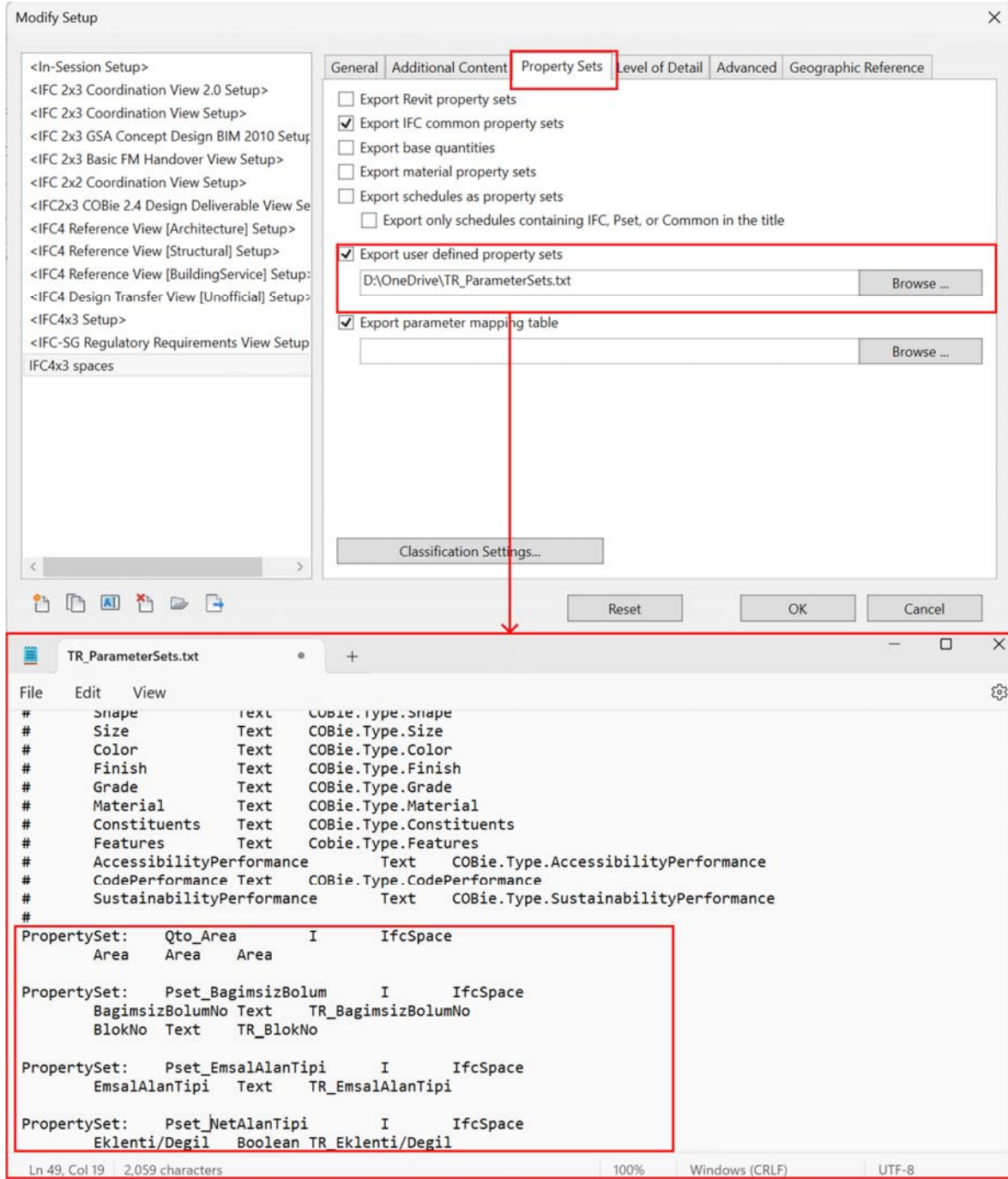
Şekil 6. Emsal Alan ve Brüt Alan şeması IFC dışa aktarım parametreleri (FAR and Gross Area Plan IFC export parameters)

Bu web uygulaması ile, ilk olarak Ifcopenshell kütüphanesi kullanılarak IFC dosyaları yüklenmiş ve model verileri okunmuştur (Şekil 8). Yazılım, kullanıcının bir IFC dosyası yükleyebilmesine veya varsayılan bir dosya kullanabilmesine olanak tanımaktadır. Yüklenen IFC dosyaları Şekil 3'te önerilen IFC teslim gereksinimlerinin içerdiği, yapı ruhsat süreçlerinde önemli olan arsa alanı, TAKS, KAKS gibi parametreleri ve şemada tanımlı olan "property setler", (özellik kümeleri) içermektedir. IFC modeli içerisindeki IfcSite ve IfcSpace elemanları üzerinden ilgili property setlere ulaşılmış, bu setlerdeki alan ve katsayı değerleri işlenmiştir. Ayrıca, yazılım, IFC dosyasındaki tüm IfcSpace elemanlarını analiz ederek, her bir bağımsız bölüm ve eklenti alanına ait metrekare bilgilerini toplamakta ve bu veriler üzerinden bir metrekare cetveli oluşturmaktadır. Bağımsız bölümler ve eklentiler için brüt ve net alanlar hesaplanmış, her bir blok için emsal alanlarının özet tabloları oluşturulmuştur. Emsal dışı alanlar da ayrıca analiz edilmiş ve toplam inşaat alanı ile kıyaslanarak raporlanmıştır. Emsal hesapları kapsamında, %30 oranında emsal dışı alanlar da hesaba katılarak, yapıların yasal sınırlar dahilinde kalıp kalmadığı kontrol edilmiştir.

Çalışmada ayrıca, ortak alanların her bir bağımsız bölüm için nasıl dağıtılacağı hesaplanmıştır. Ortak alanların bağımsız bölümlere dağıtımı, brüt alan bazlı bir dağıtım faktörü ile gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, her bir bağımsız bölüm için toplam brüt alan, ortak alan payı ve net alanlar detaylı bir şekilde raporlanmıştır. Bu işlem sırasında, her bir bağımsız bölüm için ayrı ayrı hesaplanan net, brüt ve eklenti alanları da tablolar halinde sunulmuştur. Bu sayede, yapı ruhsat süreçlerinde ihtiyaç duyulan metrekare cetveli ve emsal hesapları otomatik olarak oluşturulmuş ve kontrol edilmiştir.

5. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

Bu çalışmada önerilen model, yapı ruhsat süreçlerinde teslimlerin açık veri şeması olan IFC ile yapılmasını ve alan hesaplamalarının etkin bir şekilde kontrol edilmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda kavramsal bir model ile IFC teslim gereksinimleri oluşturulmuştur. Bir inşaat projesinin ruhsat alabilmesi için geçmesi gereken birçok aşama ve teslim edilmesi gereken sayısız belge bulunmaktadır.

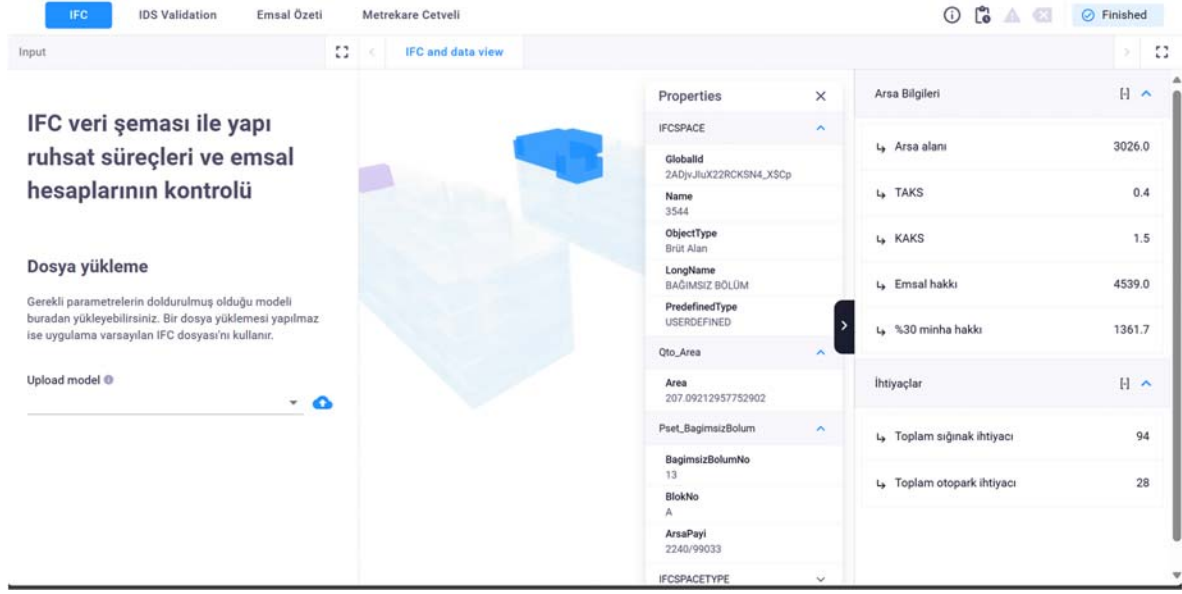


Şekil 7. Kullanıcı tarafından tanımlanan parametreler (User defined parameters)

Önerilen modelin kapsamı, mimarların proje teslimlerindeki alan hesaplamaları için uygulanabilir bir standart sunmayı hedeflemektedir. Önerilen ruhsat süreci iş akışı, emsal hesaplarının, metrekare cetveline esas brüt alan tabloların doldurulması için asgari olarak geçerli parametreleri sağlayacak şekilde oluşturulmuştur. Bu süreç, Güler ve Yomralıoğlu'nun [33] Türkiye bağlamında önerdiği çerçeveye paralellik göstermekte, ancak detaylandırılmış teknik gereksinimler ve teslim standartları sunarak önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Özellikle IFC üzerinden alan hesaplama ve veri teslim standartlarına odaklanılması, yapı ruhsat süreçlerinin teknik uygulanabilirliğine katkı sunmayı hedeflemektedir. Önerilen iş akışı,

IFC tabanlı bir sistemin mimarlar tarafından daha etkin kullanılmasını sağlamak için teslim gerekliliklerini sadeleştirmekte ve bu gerekliliklerin uyarlanabilirliğini artırmaktadır.

Önerilen model, web uygulaması oluşturularak örnek proje üstünden test edilmiştir. Test süresince model üstünde farklı parametreler girilerek model test edilmiştir. Ruhsat süreci için gerekli parametreler girildiğinde hem emsal hesap tabloları hem de metrekare cetveli tabloları IFC modeli üstünde kontrol edilebilmektedir. Önerilen web uygulaması 3 boyutlu IFC modeli görselleştirmesi ile de desteklenmiştir. Gelecekte yapılacak çalışmalar bu modelin tablo



Şekil 8. Web uygulaması (Web application)

üstündeki veriler ile interaktif çalışacak şekilde kontrolü daha kolay ve görselleştirmeler ile destekleyecek hale getirebilir. Viktor.ai sayesinde, kullanıcılar herhangi bir yazılım yüklemeye ihtiyaç duymadan, web tabanlı bir arayüz aracılığıyla kendi IFC dosyalarını yükleyebilmekte ve bu dosyalar üzerinde gerekli kontrolleri gerçekleştirebilmektedir. Uygulamada, kullanıcıların kendi projelerine ait IFC dosyalarını yüklemeleri için özel bir alan oluşturulmuştur. Yüklenen dosyalar, doğrudan web uygulaması üzerinde işlenmekte ve analiz sonuçları, kullanıcıya kolayca erişilebileceği bir formatta sunulmaktadır. Viktor platformunun sunduğu bu esneklik ve erişilebilirlik sayesinde, yazılım yapı ruhsat süreçleri ile ilgilenen tüm paydaşlar için kullanışlı bir araç haline getirilmiştir.

Bu sistemin tamamen açık kaynaklı olması, erişilebilirliği ve manipüle edilebilirliği, belediyelere kendi araç setlerini geliştirme noktasında önemli bir esneklik ve avantaj sunmaktadır. Özellikle ticari yazılımlara olan bağımlılığın azaltılması açısından avantaj sağlamaktadır. Açık kaynaklı yazılımlar, kullanıcıların sistem üzerinde tam kontrol sahibi olmasına olanak tanıdığı gibi, yerel yönetimlerin kendi ihtiyaçlarına ve süreçlerine göre özelleştirilmiş çözümler üretmesini de kolaylaştırmaktadır. Bu sayede, belediyeler ticari yazılımların lisans maliyetlerinden kurtulabilir ve geliştirdikleri araçlar üzerinde uzun vadede sürdürülebilir bir kontrol mekanizması oluşturabilirler. Ayrıca, açık kaynaklı sistemlerin küresel bir geliştirici topluluğu tarafından desteklenmesi, yazılımın sürekli olarak güncellenmesi, güvenliğinin sağlanması ve inovatif gelişmelerin hızlıca entegre edilebilmesi gibi ek avantajlar sunmaktadır. Bu durum, belediyelerin dijitalleşme süreçlerinde daha bağımsız ve uzun vadeli stratejiler benimsemesine olanak tanımaktadır.

6. Sonuçlar (Conclusions)

Bu çalışmanın amacı, IFC veri şeması temelli semantik modelleri kullanarak ruhsat ve emsal hesap kontrollerinin otomatik ve şeffaf bir şekilde yapılmasını sağlamaktır. Literatür taraması ile küresel dijital ruhsat süreçleri ve ilgili akademik çalışmalar incelenmiş, Türkiye'deki yapı ruhsat süreçlerinde yaşanan zorluklar ise belediye personeliyle yapılan görüşmeler yoluyla belirlenmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda, ruhsat ve emsal hesaplama süreçlerinin iyileştirilmesi ve dijitalleşmesi için bir model geliştirilmiştir. Model, projelerin IFC

formatında teslim edilmesini ve emsal hesaplamalarının semantik modeller aracılığıyla denetlenmesini önermektedir.

Bugüne kadar dünyada ruhsat süreçlerini dijitalleştirmeyi hedefleyen birçok akademik ve profesyonel çalışma olmuştur. Bu çalışmalardan dünyada başarılı olarak uygulanan birçok örnek bulunmaktadır [28-30], [44]. Türkiye özelinde, Güler ve Yomralıoğlu [33] ruhsat süreçlerini iyileştirmeye yönelik genel bir çerçeve sunmuştur. Bu çalışma Güler ve Yomralıoğlu'nun çizmiş olduğu çerçeveyi kabul eden ve bu çerçeve içerisinde proje teslimi ve ruhsat süreç kontrollerini detaylandıran uygulanabilir bir öneri sunmaktadır.

Ruhsat süreçlerinin dijitalleşmesi, bu çalışmada bahsedilen alan hesap kontrolü gibi yalnızca teknik konularla sınırlı olmayıp, bu iş akışların benimsenmesi, politikası ve eğitim gibi farklı boyutları da içeren çok disiplinli bir yaklaşıma ihtiyaç duymaktadır [27]. Teslimlerin otomatik kontrolü de alan hesaplamaları ile sınırlı kalmamakta; aynı zamanda yönetmeliklere uygunluk denetimlerini de kapsayan daha geniş bir çerçevede ele alınmalıdır. Bu çalışma, söz konusu geniş kapsamın sadece bir başlangıcı niteliğinde olup, gelecekte yapılacak birçok çalışmaya referans teşkil etmesi amacıyla tasarlanmıştır. Önerilen şema, ilerideki araştırmalarda daha detaylı bir şekilde incelenip geliştirilmeye açık bir temel sunmaktadır. Önerilen kavramsal modeldeki her bir aşama, kendi başına bağımsız çalışmaların konusu olma potansiyelini barındırmaktadır. Bir çalışma konusu, mimarların çizdikleri proje üstünden alan şemalarını hızlı bir şekilde çıkartabilen yapay zekâ destekli bir algoritma olabilir. Revit gibi BIM araçları üstünde çeşitli dynamo iş akışları veya Python programlama ile desteklenebilir. Bu sayede mimarlar katma değerli işlere daha çok odaklanırlar ve proje ruhsatı için gerekli olan bilgi, BIM ortamında çeşitli algoritmalar yardımı ile oluşturulur ve kontrol edilmesi mümkün hale gelir. Diğer bir potansiyel çalışma konusu, yönetmeliklere uygunlukların teslim edilen anlamsal olarak zengin IFC modellerinin kullanılması ve bu kontrolleri IDS standartları ile bütünleştirilmiş yazılımlarla kontrol etmek olabilir. Bu çalışmada kontrolü yapılan belediye gereksinimleri, IDS standardı oluşturulup, yazılımlar aracılığı ile otomatik test edilmesi sağlanabilir. Bir diğer gelecek çalışma önerisi ise topolojik modeller üstünde yönetmeliklere uygunlukların kontrolünün geliştirilmesidir. Topolojik ilişkiler içeren modeller, birçok önemli bilgiyi içlerinde barındırır [45] ve daha az hesaplama gücü ve depolama gerektirir [46]. Ruhsat süreçlerini ve kontrollerini hafif, semantik ve topolojik modeller ile yapmak ruhsat

işlemlerinde verimliliği, doğruluğu ve tutarlılığı artırabilir, veri yönetimini basitleştirir, hataları azaltır ve tüm başvurularda düzenlemelerin tutarlı bir şekilde uygulanmasını sağlayabilir. Bir diğer gelecek çalışma önerisi olarak, Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'in IFC veri şeması ile bütünleştirilerek yangın emniyeti kontrollerinin dijital ortamda otomatikleştirilmesi değerlendirilebilir. Beşiroğlu ve Serteser'in [47] BIM'in yangın emniyeti performans değerlendirmesine yönelik çalışması, IFC veri şeması ile bu tür güvenlik kontrollerinin daha etkin bir şekilde bütünleştirilmesini sağlayarak süreçlerin daha kapsamlı ve standart bir şekilde yönetilmesine olanak tanıyabilir.

Bu çalışmanın benimsenmesi durumunda, belediyelere teslim edilen semantik modellerin mülkiyet kaydının tutulması ve yönetilmesi gibi potansiyel uygulamalar da gerçekleştirilebilir. Bu bağlamda, Güler vd. [16] tarafından, Türkiye için IFC ile kat mülkiyetinin yönetilmesi için önerilen bütünleşik model bu alanda kapsamlı bir örnek teşkil etmektedir. Önerilen modelin bütünleştirilebileceği önemli bir diğer bileşen ise üç boyutlu Arazi İdaresi Alan Model'idir (LADM). LADM, arazi mülkiyeti ve sınırları ile ilgili bilgilerin yönetimini sağlar ve BIM ortamındaki projelerle entegre olarak çalışır. Belediyelere ruhsat için teslim edilen bu semantik modeller daha sonrasında LADM ile bütünleşmiş bir şekilde çalışma potansiyeline sahiptir [48]. Ayrıca Güler [49] yine taşınmaz değerlendirme için de altlık oluşturacak bir model de geliştirmiştir. Semantik modeller taşınmaz değerlendirme için önemli bir bilgi kaynağı taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında IFC veri şeması ile emsal hesaplarının, bağımsız bölüm şemalarının ve mahal bilgi şemaları üstüne odaklanmaktadır. Bu yüzden IFC teslim gereksinimleri detaylandırılmıştır. Ancak IFC tüm ruhsat süreçlerinin dijitalleşmesi ve hatta tapu kadastro işlemlerinde de kullanılabilir [50]. Bundan sonraki araştırmalar bu model ve iş akışının pratik hayatta uygulanmasını hızlandıracak çalışmalara odaklanabilir.

Sonuç olarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler dijital ruhsat süreci için çeşitli akademik çalışmalar yapmakta ve profesyonelde de bunun uygulamalarını gerçekleştirmektedirler. Bu çalışmada önerilen modelin temel amacı, mimarlara proje ruhsat süreçlerinde hızlı uygulanabilir ve basit bir format sunarak, model teslimlerini 3 alan şeması içinde teslim etmelerini sağlamaktır. Bu sistem ile hem ruhsat süreçlerinin şeffaflaşması hedeflenmiş hem de veri açısından zengin hafif semantik model kullanımı ile tapu kadastro ve yönetmelik kontrolü gibi birçok sistem ile entegrasyona imkân tanımaktadır.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışmada kullanılan örnek projenin modellenmesi sürecinde sağladığı değerli katkılarından dolayı Sayın Cihat Akyıldız'a teşekkür ederim.

Kaynaklar (References)

1. TÜİK. Yapı İzin İstatistikleri, I. Çeyrek: Ocak-Mart, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr>. Erişim tarihi 08 Ekim 2024.
2. Reis, Y. K., Belediyelerde imar ve yapı ruhsatı süreçlerinin etkinliğinin artırılması, *Planlama Dergisi*, 24 (2), 55-63, 2014.
3. buildingSMART. Industry foundation classes (IFC). buildingSMART. <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>. Erişim tarihi 26 Ağustos 2024.
4. Noardo, F., Wu, T., Arroyo Oñori, K., Krijnen, T., Stoter, J., IFC models for semi-automating common planning checks for building permits, *Autom. Constr.*, 134 (104097), 2022.
5. Temel, B. A., Başağa, H. B., Investigation of IFC file format for BIM based automated code compliance checking, *J. Constr. Eng. Manag. Innov.*, 3 (2), 113-130, 2020.
6. Chognard, S., Dubois, A., Benmansour, Y., Torri, E., Domer, B., Digital construction permit: a round trip between GIS and IFC, *Advanced Computing Strategies for Engineering*, Smith, I. F. C., Domer, B., Ed., Cham: Springer International Publishing, 287-306, 2018.
7. Eastman, C., Lee, J., Jeong, Y., Lee, J., Automatic rule-based checking of building designs, *Autom. Constr.*, 18 (8), 1011-1033, 2009.
8. Onstein, E., Tognoni, M. G., 'Building permits' as proof of concepts in merging GIS and BIM information: a case study, *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations II*, 155-166, 2017.
9. Smith, I., Domer, B., Ed., *Advanced Computing Strategies for Engineering: 25th EG-ICE International Workshop 2018*, Lausanne, Switzerland, June 10-13, 2018: Proceedings, Part 2, Springer, Cham, 2018.
10. Piazza, D., Röck, M., Malacarne, G., Passer, A., Marcher, C., Matt, D. T., BIM for public authorities: basic research for the standardized implementation of BIM in the building permit process, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, Helsinki, 22-24 Mayıs, 2019.
11. Messaoudi, M., Nawari, N. O., Srinivasan, R., Virtual Building Permitting Framework for the State of Florida: Data Collection and Analysis, *Computing in Civil Engineering 2019*, Georgia, 328-335, 17-19 Haziran, 2019.
12. Kim, I., Choi, J., Teo, E. A. L., Sun, H., Development of k-bim e-submission prototypical system for the openbim-based building permit framework, *J. Civ. Eng. Manage.*, 26 (8), 744-756, 2020.
13. Noardo, F., Harrie, L., Arroyo Oñori, K., Biljecki, F., Ellul, C., Krijnen, T., Eriksson, H., Guler, D., Hintz, D., Jadidi, M., Pla, M., Sanchez, S., Soini, V.-P., Stouffs, R., Tekavec, J., & Stoter, J., Tools for BIM-GIS integration (IFC georeferencing and conversions): results from the GeoBIM benchmark 2019, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 9 (9), 2020.
14. Battisti, K., Dörn, M., Eggeling, E., Eichler, C., Loës, J. M., Scherret, J., Tsoggerel, Z., Ullrich, T., An automatic process for the application of building permits, *Buildings*, 13 (1), 2022.
15. Hobeika, N., Van Liempt, J., Noardo, F., Arroyo Oñori, K., Stoter, J., GEOBIM information to check digital building permit regulations, *XXIV ISPRS Congress Imaging Today, Foreseeing Tomorrow*, Commission IV, Nice, 529-535, 6-11 Haziran, 2022.
16. Guler, D., Van Oosterom, P., & Yomralioglu, T., How to exploit BIM/IFC for 3D registration of ownership rights in multi-storey buildings: an evidence from Turkey, *Geocarto Int.* 37 (27), 8418-8447, 2022.
17. Fauth, J., Pasetti Monizza, G., & Malacarne, G., Understanding processes on digital building permits - a case study in south tyrol, *Build. Res. Inf.*, 51 (5), 518-532, 2023.
18. Olsson, P.-O., Axelsson, J., Hooper, M., & Harrie, L., Automation of building permission by integration of BIM and geospatial data, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 7 (8), 307, 2018.
19. Ataide, M., Braholli, O., & Siegele, D., Digital transformation of building permits: current status, maturity, and future prospects, *Buildings*, 13 (10), 2023.
20. Bialas, F., Wapelhorst, V., Brokbals, S., & Čadež, I., Quantitative cross-sectional study of the BIM-application in planning offices - benefits and barriers of the BIM-implementation, *Bautechnik*, 96 (3), 229-238, 2019.
21. Ullah, K., Witt, E., & Lill, I., The BIM-based building permit process: factors affecting adoption, *Buildings*, 12 (1), 2022.
22. Kim, I., Choi, J., Teo, E. A. L., & Sun, H., Visual language approach to representing KBimCode-based korea building code sentences for automated rule checking, *J. Comput. Des. Eng.*, 6 (2), 143-148, 2019.
23. Noardo, F., Harrie, L., Arroyo Oñori, K., Biljecki, F., Ellul, C., Krijnen, T., Eriksson, H., Guler, D., Hintz, D., Jadidi, M., Pla, M., Sanchez, S., Soini, V.-P., Stouffs, R., Tekavec, J., Stoter, J., GeoBIM Benchmark 2019: Intermediate results, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, Nice, 47-52, 6-11 Haziran, 2019.
24. Noardo, F., Guler, D., Fauth, J., Malacarne, G., Mastrolemba Ventura, S., Azenha, M., Olsson, P.-O., & Senger, L., Unveiling the actual progress of digital building permit: getting awareness through a critical state of the art review, *Build. Environ.*, 213, 2022.
25. Bloch, T., & Fauth, J., The unbalanced research on digitalization and automation of the building permitting process, *Adv. Eng. Inf.*, 58 (102188), 2023.
26. Fauth, J., & Seif, S., Ontology for building permit authorities (OBPA) for advanced building permit processes, *Adv. Eng. Inf.*, 58 (102216), 2023.
27. Fauth, J., Bloch, T., Noardo, F., Nisbet, N., Kaiser, S.-B., Nørkjær Gade, P., & Tekavec, J., Taxonomy for building permit system -

- organizing knowledge for building permit digitalization, *Adv. Eng. Inf.*, 59 (102312), 2024.
28. Corenet. .Building information modeling (BIM) e-submission. Corenet. [https://corenet.gov.sg/general/building-information-modeling-\(bim\)-e-submission.aspx](https://corenet.gov.sg/general/building-information-modeling-(bim)-e-submission.aspx). Erişim tarihi 26 Ağustos 2024.
29. e-ehitus. e-ehitus BIM-based building permit process. eByggesok. E-ehitus. <https://eehitus.ee/timeline-post/bim-based-building-permit-process/>. Erişim tarihi 26 Ağustos 2024.
30. Direktoratet for byggkvalitet. Norwegian digital building permit application platform. <https://www.ebyggesok.no/>. Erişim tarihi 26 Ağustos 2024.
31. T.C. İçişleri Bakanlığı Bilgi Teknolojileri Genel Müdürlüğü, e-belediye giriş. e-belediye. <https://www.belediye.gov.tr/e-belediye-giris>. Erişim tarihi 05 Ekim 2024.
32. Aydın, M., Belediyelerdeki yapı ruhsatı ve yapı kullanma izni süreçlerinin incelenmesi: bir karşılıklı görüşme çalışması, *Tasarım+Kuram*, 18 (37), 133-151, 2022.
33. Guler, D., & Yomralioglu, T., A reformative framework for processes from building permit issuing to property ownership in Turkey, *Land Use Policy*, 101 (105115), 2021.
34. Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P., Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review, *Brit. J. Manage.*, 14 (3), 207-222, 2003.
35. Blandford, A., Semi-structured qualitative studies, *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, 2nd Ed, Interaction Design Foundation, Aarhus C, Denmark, 2013.
36. ISO, ISO 16739-1 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries - Part 1: Data schema, 2024.
37. buildingSMART. Model view definitions (MVD). buildingSMART. <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/mvd/>. Erişim tarihi 09 Ekim 2024.
38. buildingSMART. What is information delivery specification (IDS). buildingSMART. <https://www.buildingsmart.org/what-is-information-delivery-specification-ids/>. Erişim tarihi 04 Ekim 2024.
39. İBB İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı. İstanbul imar yönetmeliği revizyon çalışmaları. <https://imaryonetmeligi.istanbul/>. Erişim tarihi 02 Ekim 2024.
40. Autodesk, Autodesk IFC manual. Autodesk. <https://autodesk.ifc-manual.com>. Erişim tarihi 08 Ekim 2024.
41. IfcOpenShell Dev Team. IfcOpenShell - the open source IFC toolkit and geometry engine. <https://ifcopenshell.org/>. Erişim tarihi 09 Ekim 2024.
42. The pandas development Team, pandas-dev/pandas: pandas. 2020.
43. VIKTOR. VIKTOR. [viktor.ai https://www.viktor.ai](https://www.viktor.ai). Erişim tarihi 02 Mayıs 2024.
44. PortalPlanQuest Limited. Planning portal. <https://www.planningportal.co.uk/>. Erişim tarihi 26 Ağustos 2024.
45. Jabi, W., Chatzivasileiadi, A., Topologic: exploring spatial reasoning through geometry, topology, and semantics, *Formal Methods in Architecture*, S. Eloy, D. Leite Viana, F. Morais, ve J. Vieira Vaz, Ed., *Advances in Science, Technology & Innovation*, Cham: Springer International Publishing, 277-285, 2021.
46. Massafra, A., Jabi, W., & Gulli, R., Topological BIM for building performance management, *Autom. Constr.*, 166 (105628), 2024.
47. Beşiroğlu Ş., Serteser N., Evaluation of fire safety performance of buildings with building information modeling (BIM), *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 40 (1), 501-513, 2024.
48. Guler, D., Yomralioglu, T., Yapı ruhsatlandırmadan kat mülkiyetine giden süreçlerin dijitalleştirilmesi: mevcut durum analizi ve öneri, *Geomatik*, 6 (2) 93-106, 2021.
49. Guler, D., 3B taşınmaz değerlemeye yönelik veri standardı eklentisi geliştirilmesi, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(3), 1034-1046, 2024.
50. Guler, D., Yomralioglu, T., The role of open standards in digital building permitting, 3d registration of condominium, and update of 3d city models, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, Florence, 167-174, 22-28 Ağustos, 2022.

