



İNŞAAT İŞLERİNİN İŞ PROGRAMINA BAĞLI NAKİT AKIŞI DEĞİŞKENLİĞİNİN SAPTANMASI VE DÜZENLENMESİ

Önder Halis BETTEMİR^{1*}, Ebru GÜNDÜZ¹, Onur AKKURT¹, Hilal EFE¹, Mehmet Aydın ARSLAN¹

¹Inönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*İş programı,
Nakit akışı,
Hakediş,
Proje planlaması.*

Öz

İnşaat projesinin yapım süresi ve maliyeti inşaat öncesinde hazırlanan malzeme tedariki ve metraj verilerine dayanarak oluşturulan iş programı ve maliyet analizleri temel alınarak tahmin edilir. İnşaat sürecinde öngörülemeyen etkenler nedeniyle iş programında ve maliyetlerde değişiklikler meydana gelebilir. Bu durum, nakit akışını etkiler. İnşaat sırasındaki iş yoğunluğu nedeniyle nakit akışının güncellemesinin ihmali, gelir gider dengesinin önceden bilinmemesine neden olacak ve inşaatın finansmanı üzerinde önemli sorunlar doğurabilecektir. Bu çalışmada, belirtilen sorunların oluşmaması ve güncel verileri kullanarak en doğru ve güncel nakit akışı elde etmek için hakediş hesaplamalarını doğrudan iş programı ile ilişkilendirerek hesaplayan bir model geliştirilmiştir. Bunun için tüm metraj hesaplarında işlem adımları formüle edilmiş ve formüller hesap cetveli uygulamasında tanımlanmıştır. Malzeme tedariki dâhil metraj verileri ile iş kalemlerinin işçilik ihtiyaçları ve süreleri belirlenmiştir. Doğrusal iş programı ile oluşturulan iş planından aktivitelerin başlangıç ve bitiş süreleri elde edilmiştir. Aktivitelerin maliyetleri birim fiyat analizleri ile belirlenmiş ve günlük gerçekleşen inşaat işleri ve harcamaları hesaplanmıştır. Aktivite sürelerinde olabilecek değişiklikler, iş programı ile birlikte güncellenmekte ve insan müdahalesi olmadan gerçekleşen kısma ait hak ediş ve kalan imalat bedeli yeniden hesaplanmaktadır. Hesaplamaların, tüm müteahhitlerin uygulayabileceği biçimde gösterilebilmesi için hesap cetveli uygulaması şeklinde tasarlanmıştır. Bu uygulama sayesinde müteahhitler inşaat işlerinin nakit akışını anlık güncelleyebilecek ve ileride oluşabilecek olumsuzlukları önceden fark edip önlem alabileceklerdir.

DETECTION OF VARIABILITY OF CASH-FLOW OF CONSTRUCTION ACTIVITIES DUE TO SCHEDULE

Keywords

*Schedule,
Cash-Flow,
Progress payment,
Project planning.*

Abstract

Duration and cost of a construction project is estimated based on the construction schedule and cost analysis which are arranged according to the quantity take-off data prepared before the commencement of the construction. Construction schedule and budget may deviate because of the unforeseeable factors which might happen during construction. This situation would also affect cash-flow. Omission of updating the cash-flow because of the heavy workload during the construction would prevent the foreknowledge of balance of income and expenditure which may jeopardize financial situation of the construction. In this study, a model is developed which construct a relation between construction schedule and progress payments in order to obtain most accurate and update cash-flow and prevent the aforementioned problems. To accomplish this, all of the operation steps of quantity take-off are formulated and the formulae are defined to spreadsheet application. Man-hour and durations of activities are estimated by considering the quantity take-off data. Start and finish dates of the activities are obtained by work planed which is prepared by linear schedule. Costs of activities are determined by unit price analysis and daily performed construction items and daily expenditures are computed. Possible revisions on the durations of the activities are updated together with the

* ilgili yazar / Corresponding author: onder.bettemir@inonu.edu.tr

construction schedule and the progress payments are recomputed without any human intervention. Computations are executed and demonstrated on spreadsheet application in order to make sure that all of the contractors can implement the proposed method. The contractors would be able to update the cash-flow immediately and foresee any adverse condition beforehand and may take precautions.

Alıntı / Cite

Bettemir, Ö.H., Gündüz E., Akkurt O., Efe H., Arslan, M.A., (2019). İnşaat İşlerinin İş Programına Bağlı Nakit Akışı Değişkenliğinin Saptanması ve Düzenlenmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(1) 211-223.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Ö.H. Bettemir, 0000-0002-5692-7708
E. Gündüz, 0000-0002-3226-8680
O. Akkurt, 0000-0002-4673-454X
H. Efe, 0000-0001-9824-4094
M.A. Arslan, -

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	14.09.2018
Revizyon Tarihi / Revision Date	26.11.2019
Kabul Tarihi / Accepted Date	04.12.2018
Yayın Tarihi / Published Date	25.03.2019

1. Giriş

Bir inşaat projesinin nakit akışı proje sonunda elde edilmesi planlanan kârı önemli ölçüde etkiler. İnşaat işi boyunca gerçekleştirilen imalatlar düzenli aralıklarla kontrolörler tarafından denetlenir ve hakediş dönemi boyunca onay verilen imalatların tamamlanmasından sonra ödemesi yapılmak üzere hakediş dönemi sonunda ibraz edilir. Ödeme yetkilisinin onayı ve resmi prosedür nedeniyle, hem devlet hem de özel sektör tarafından yaptırılan inşaat işlerinde müteahhit yaptığı işlerin ödemesini belirli bir süre sonra alabilir.

İnşaat sürecinde işçilik ödemelerini belirli periyotlarda ve malzeme bedelinin bir kısmını teslimatta ödemek zorunda olduğu için müteahhit tarafında nakit akışı önemli bir süre boyunca negatif seyir izlemektedir. Bu durumu müteahhit kendi öz kaynakları ile karşılayamazsa borçlanmak zorunda kalacak ve borçlanma maliyeti kârını önemli ölçüde etkileyecektir.

Bu nedenle, bir inşaat projesine ait nakit akış diyagramının doğru hazırlanması ve güncel olması müteahhit için oldukça önemlidir. İnşaat işleri oldukça yoğun ve stresli bir ortamda yürütüldüğü için iş başladığında bütün önem ve yoğunluk şantiyeye aktarılır. Ofiste gerçekleştirilen proje planlaması ihmal edilir ve çok az kaynak tahsis edilir. İnşaatın yürütülmesi sırasında işin başında hazırlanan iş programında sapmaların gerçekleşmesi oldukça yaygın hale gelir.

İş programı, gerçekleşen ilerleme hızına göre revize edilirken, nakit akış diyagramının revize edilmesi planlama bölümünün iş yoğunluğu nedeniyle genellikle göz ardı edilir. Bunun sonucunda bazı ödemelerin gerçekleştirileceği hakediş dönemleri değişebilir. Her iş kaleminden aynı oranda kâr elde edilmediği için ödeme dönemi değişen iş kalemleri nakit akış diyagramında önemli farklılıklar oluşturabilir.

Hakediş alınacak işlerin ertelenmesi müteahhidin

daha fazla miktarda ve daha uzun süre negatif nakit akışına sahip olmasına neden olabilir. Bu durum, ödenmesi gereken faiz miktarını arttırıp müteahhidin beklediği kâr miktarından daha düşük kârla inşaatı tamamlamasına yol açar. Bu nedenle, güncellenen iş programı ile birlikte nakit akışının da hesaplanması gereklidir.

Bu çalışmada, iş paketlerinin ilerleme hızları doğrusal kabul edilerek hazırlanan iş programına göre günlük çalışan personel sayısı ve kullanılan malzeme miktarlarını hesaplayan bir hesap cetveli uygulaması geliştirilmiştir. Gerekli tüm rayiçler uygulamaya girilerek iş programına göre gerçekleşen maliyet ve kazanılan hakediş miktarlarının hesaplanması sağlanmıştır. Bu sayede en az insan müdahalesi ile iş programındaki sapmalardan dolayı oluşabilecek nakit akışındaki değişimler insan müdahalesi olmadan güncellenebilecektir. Böylece müteahhitler iş programı değişiklikleri sonucu nakit akışında oluşabilecek belirsizliklere karşı daha hazırlıklı olacaktır. Ayrıca tüm işlem adımları bir birleri ile ilişkili biçimde formüleleştirildiği için inşaat sırasında oluşabilecek iş değişikliği veya enflasyon etkisinden dolayı oluşan maliyet artışlarının etkisi çok kısa sürede hesaplanabilecektir.

Konuyla ilgili yapılmış çalışmalar, metraj dâhil olmak üzere tüm aşamalarının nakit akışı ile ilişkilendirildiği hesap cetveli uygulamasının hazırlanışı, nakit akış diyagramının maliyet ve kâr oranlarına göre nasıl değiştiğine dair yapılan duyarlılık analizi aşağıda sunulmuştur. Geliştirilen yöntemin faydaları ve eksik kısımları sonuçlar kısmında tartışılmıştır.

2. Yapılmış Çalışmalar

İnşaat projelerinin kârlılığını en çok etkileyen etmenlerin başında nakit akışı geldiği için nakit akışı üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Nakit akışı hesaplamaları inşaat süreci boyunca yapılan işler sonucunda elde edilen hakediş ödemelerinden maliyetlerin çıkarılması ile elde edilmektedir. Fakat inşaat başlamadan gerçekleştirilen hesaplamalar inşaat süreci boyunca önemli sapmalar

gösterebilmektedir.

Nakit akışını metraj ve iş programı verisinden hesaplamak yoğun emek gerektirmektedir. Kenley ve Wilson (1989) logit dönüşümü ile inşaat projelerinin net nakit akışını oluşturan bir yöntem önermişlerdir. Kenley (1999) logit dönüşümü ile oluşturulan S-eğrilerini hakediş ödemelerinin sabit erteleme süresine tabi olduğunu varsayarak nakit akışı oluşturmuştur. Miskawi (1989) rafineri tesisi için üçüncü mertebeden polinomlarla S-eğrisi oluşturmuştur. Bousabaine ve Kaka (1998) yapay sinir ağı kullanarak nakit akışı tahmin eden bir sistem önermiştir. Tek gizli katmanlı ve 40 nöronlu bir sinir ağını 45 proje ile eğitip tahmin üretmişlerdir. Tangsucheeva ve Prabhu (2014) firma müşterilerinin alacaklı hesaplarının sırasını kullanarak toplam ödeme davranışını Markov zincir modeli ile, bireysel müşteri ödeme davranışını ise Bayes modeli ile modellemiştir. Böylece stokastik nakit akışı oluşturmuş ve vaka analizi sonucu modelin yıllık bazda % 2 ila 4 sapma ile nakit akışı tahmininde bulunduğunu belirtmiştir.

Ranasinghe (1996) nakit akışı belirlemek için basitleştirilmiş bir model önermiştir. İnşaat boyunca paranın değerini başlangıçtaki alım gücüne göre sabit tutmuş ve dönemlik ödemeler ve hâsılatlar belirlenmiştir. Dönemlik enflasyon oranı kullanılarak projenin başlangıçtaki maliyeti belirlenmiştir. Enflasyon etkisi eskalasyon hesaplamalarında da kullanılmıştır. Kaka ve Price (1993) 150 inşaat projesini incelemiş ve nakit akış tahminlerindeki sapma nedenlerine göre projeleri kümelemiştir. Kaka (1996) nakit akış tahmininin daha esnek ve yüksek doğrulukta olması için elliden fazla parametre içeren bir model kurmuştur. Ayrıca sözleşmeden doğan müteahhide ait riskler de stokastik benzetimle nakit akışına dâhil edilmiştir. Hwee and Tiong (2002) nakit akış diyagramının iç kârlılık oranını hesaplayan bir uygulama geliştirmiştir. Jarrah vd., (2007) Teksas Ulaştırma Departmanı tarafından kontrol edilen yol inşaatlarını köprü, iyileştirme, üstyapı ve diğerleri olarak sınıflandırıp hakediş ödemelerinin proje süresine göre hangi oranda gerçekleştirildiğini tahmin eden dördüncü dereceden polinomlu regresyon modelleri oluşturmuştur. Oluşturulan modeller S-

eğrisine yakın görünüme ve 0,85'den yüksek R² değerine sahiptir.

Maravas ve Pantouvakis (2012) nakit akışı oluşturmada kullanılan S-eğrisi yerine inşaat sürecindeki belirsizlikleri modele dâhil ederek farklı risk olasılık seviyelerini belirten bir S yüzeyini kullanmışlardır. Belirsizlikler bulanık mantık ile modellenmiş bir otoyol projesi vaka analizi çalışmasında kullanılmıştır.

Chen vd., (2005) literatürde yer alan nakit tahmin modellerinin doğruluğunu incelemiştir. Analiz sonucunda ödemelerin erteleme süresi, ödeme kalemleri ve ödeme sıklığının modele dâhil edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Park vd. (2005) maliyet etkenlerine değişken ağırlıklar atayarak nakit akış tahmininde bulunmuştur.

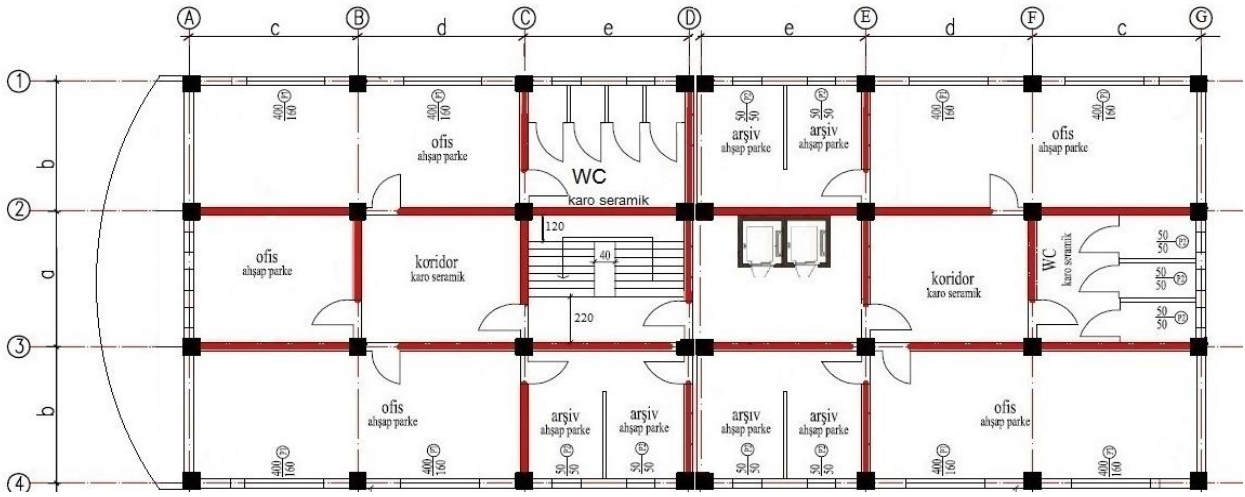
Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde geçmiş yıllarda yürütülmüş inşaat projelerinin verilerini kullanarak nakit akış tahmini yapmanın çok yaygın olduğu görülmektedir. Bu yöntemi uygulayabilmek için istatistik bilimine vakıf olmak gereklidir. Bu nedenle, literatürde yer alan nakit akış tahmin yöntemlerinin Türkiye'deki inşaat sektöründe uygulanabilirliği son derece kısıtlıdır. Bu çalışmada metraj ve iş programı verileri kullanılarak günlük nakit akışı oluşturan bir hesap cetveli uygulaması geliştirilerek yüksek doğrulukta nakit akış elde edilmesini sağlayan bir yöntem geliştirilerek literatürdeki boşluk giderilmeye çalışılmıştır.

3. Materyal ve Yöntem

Bu kısımda hesap cetveli uygulaması ile metraj hazırlanması, işçilik ve malzeme ihtiyacının belirlenmesi, iş programı oluşturulması, malzeme ve personel kullanım eğrilerinin oluşturulması ve nakit akışının oluşturulması aşamaları açıklanacaktır.

3.1. Metraj hazırlanması

Vaka çalışmasında kullanılan yapının kat planı Şekil 1'de gösterildiği gibidir.



Şekil 1. Örnek yapının kat planı

Yaklaşık 800 m² alana sahip betonarme yapı 3 bodrum olmak üzere 30 katta oluşmaktadır. Yapının Y doğrultusunda 4 aks, X doğrultusunda ise 7 aks bulunmaktadır. X doğrultusunda dördüncü aksta dilatasyon derzi bulunmaktadır. Yapı, 3 bodrum katı ve 30 üst kattan oluşacak şekilde yapılacağı öngörülerek metrajı oluşturuldu.

Derin kazı için gerekli tüm iş kalemlerinin metrajı Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2'de fore kazık için gerekli kazı hacmini, beton, donatı ve kalıp metrajlarını; ankraj için halat ve grout miktarlarını; kuşak kirişi için kalıp, donatı, etriye ve beton; blokaj için çakıl, grobeton, membran ve şap betonu metrajları hesaplanmıştır. İksa sisteminin ardından radye temel imalatlarının

metraj hesaplamaları gerçekleştirildi. Formülleştirme ve metraj kalemleri Şekil 3'te gösterilmiştir.

Şekil 3'te radye temel için gerekli kalıp, donatı, sehpa sayısı; otopark için beton, membran, tuğla; otopark rampası için beton, donatı ve kalıbı; bodrum katların yalıtımı için de membran ve tuğla miktarları bulunmuştur.

Bodrum katların imalatı için gereken kalıp imalatının tüm yapı elemanları için metrajı Şekil 4'te sunulmuştur. Donatı metrajı Şekil 5, 6 ve 7'de yer almaktadır.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
4		FORE KAZIK										ANKRAJ-GROUT							
5		Kazık Sayısı	498	adet					Kazı Hacmi	15589,98	m ³		Halat Boy	Adet	Ara Toplam		Toplam		
6		Kazık Beton	1247,45	m ³								Ankraj -2	24,68	56	5528,32	m			
7		Kazık Düz Donatı Boyu	17,475	m		386289	kg Ø20					Ankraj -5	21,71	56	4883,04	m			
8		Sarmal Sayısı	105	adet								Ankraj -8	18,74	56	4197,76	m			
9		Etriye Boyu	149,273	m		29363,6	kg Ø8/15											14589,1	m Halat
10		Başlık Kiriş Beton	195	m ³									Hacim	Adet					
11		Başlık Kiriş Kalıp	394	m ²								Ankraj Grout	0,88357	168	148,4403	m ³			
12		Başlık Kiriş İnce Donatı	25	4875	kg							Temel Grout	7,85398	188	1476,549	m ³			
13		Başlık Kiriş Kalın Donatı	75	14625	kg													1624,99	m ³ Grout
14																			
15																			
16																			
17																			
18		KUŞAK KIRIŞI																	
19			En	Uzunluk	Kalınlık	Ara Toplam	Benzeri	Toplam				BLOKAJ		En	Boy	Kalınlık	Ara Toplam		
20		Kuşak Kiriş Kalıp	0,7	136,2		95,34	3	286,02	m ²			Yapı Zemin	22,8	46,7	0,1	106,476			
21												Otopark Zemin	15	14	0,1	21			
22			Adet	Uzunluk	Ağırlık												127,476	m ³ Çakıl	
23		Kuşak Kiriş Donatı	6	868,75	1.578	8225,325	3	24675,975	kg Ø16			Yapı Zemin	22,8	46,7	0,15	159,714			
24		Kuşak Kiriş Etriye	908	2,3	0,395	824,918	3	2474,754	kg Ø8/15			Otopark Zemin	15	14	0,15	31,5			
25		Kuşak Kiriş Beton	0,7	137,6	0,35	33,712	3	101,136	m ³								191,214	m ³ Grobeton	
26																			
27													Membran Zemin	22,8	46,7		1064,76		
28													Membran Otopark	15	14		210		
29																	1274,76	m ³ Membran	
30																			
31													Şap Betonunu Yapı	22,8	46,7	0,05	53,238		
32													Şap Betonunu Otopark	15	14	0,05	10,5		
33																		63,738	m ³ Şap Beton
34																			

Şekil 2. Derin kazı iş kalemlerinin metrajı

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
49	Döşeme En	Boy	Alan				BETON				A1B2 DÖŞEME DONATI				
50	A1B2	6,7	5,7	38,19 m2			Kolon			Yönü say	Düz	5,7	29 Düz		0,15
51	Kolon1	0,5	0,5	0,25				1,92 m3		Pilye		5,55	28 Pilye		
52	Kolon2-3	0,5	0,25	0,25			Benzeri		32						
53	Kolon4	0,25	0,25	0,0625					61,44		Düz Boy	7,65 metre			
54							Kirişler				Pilye Boy	9,598 metre			
55	Toplam			37,6275 m2			AB1 Kirişi				Toplam	490,594 metre Ø10			
56								1,1235 m3							
57															
58	Döşeme En	Boy	Alan							Xyonü	Düz	6,7	34 Düz		0,15
59	A1B2	7,7	6,2	47,74						Pilye			33 Pilye		
60	kolon1-4	0,25	0,25	0,25							Düz Boy	6,65 metre			
61											Pilye Boy	8,223 metre			
62				47,49 m2			Döşeme				Toplam	497,459 metre Ø10			
63							A1B2				TOPLAM	988,053 metre Ø10			
64								5,644125 m3							
65															
66															
67															
68															
69															
70															
71															
72															
73	DONATI						y eksen	C2D3 döşe	açıklık	adet					
74	y eksen	C1D2 ve C3D4	açıklık	adet			DÜZ		6,2	32	0,1				
75		DÜZ	5,7	29	0,15		PILYE		6,1	31					
76		PILYE	5,55	28											
77															
78															
79															
80															
81															
82															
83															
84															
85															
86															
87															
88															
89															
90															
91															
92															
93															
94															
95															
96															
97															
98															
99															
100															
101															
102															
103															
104															
105															
106															
107															
108															
109															
110															
111															
112															
113															
114															

Şekil 5. Donatı metrajı

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
80		PILYE BOY	8,598	metre				AZI	479,338	metre	Ø10							
81																		
82		AZI	433,594	metre	Ø10		x eksen	açıklık	adet									
83																		
84	x eksen		açıklık	adet														
85		DÜZ	5,7	29	0,15													
86		PILYE	5,55	28														
87																		
88																		
89																		
90		KIRIŞ DONATI																
91		Kiriş	Boy	Sayı	Azı	Benzeri	Çoğu											
92		Çekme Donatısı	8,4	5	42					12 Kiriş	Kiriş	Boy	Sayı	Azı	Benzeri	Çoğu		
93	AB Kiriş	Montaj Donatı Boyu	8,4	3	25,2						Çekme D	7,4	5	37				
94		Gövde Donatı Boyu	7,8	2	15,6						Montaj Do	7,4	3	22,2				
95											Gövde Do	6,8	2	13,6				
96																		
97																		
98																		
99																		
100																		
101																		
102																		
103																		
104																		
105																		
106																		
107																		
108																		
109																		
110																		
111																		
112																		
113																		
114																		

Şekil 6. Donatı metrajı (kiriş)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
103				DONATI															
104																			
105		A1B2 Döşeme																	
106		Yönü sayı	Düz	5,7	29	Düz	0,15				B1C2 Döşemesi	Düz	5,7	29	Düz	0,15			
107			Pilye	5,55	28	Pilye					Yönü sayı	Pilye	5,55	28	Pilye				
108				7,65 metre								Düz Boy	8,65 metre						
109			Pilye Boy	9,598 metre								Pilye Boy	11,673 metre						
110																			
111			Toplam	490,594 metre Ø10								Toplam	577,694 metre Ø10						
112																			
113																			
114		X yönü	Düz	6,7	34	Düz	0,15				X yönü	Düz	7,7	39	Düz	0,15			
115			Pilye		33	Pilye						Pilye	7,55	38	Pilye				
116																			
117			Düz Boy	6,85 metre								Düz Boy	6,85 metre						
118			Pilye Boy	8,223 metre								Pilye Boy	8,223 metre						
119																			
120			Toplam	497,459 metre Ø10								Toplam	571,824 metre Ø10						
121																			
122			TOPLAM	988,053 metre Ø10								TOPLAM	1149,52 metre Ø10		Benzeri	4	Çoğu	4598,07 metre Ø10	
123																			
124			AGIRLIK	609,6 kg Ø10								AGIRLIK	709,253 kg Ø10		Benzeri	4	Çoğu	2837,01 kg Ø10	
125																			
126			Mesnet	Sıkıştırılm Serbest	6	TOPLAM						B2C3 Döşemesi							
127		Kolon Etriyeleeri	7	28	6	41						Yönü sayı	Düz	6,2	32	0,1			
128		Etriye Boyu				295,2							Pilye	6,1	31				
129						9446,4 metre Ø8													
130						3731 kg Ø8													
131													Düz Boy	8,65 metre					
132		Boyuna Donatı	3,9	24	93,6 metre Ø18							Pilye Boy	11,673 metre						
133					2995,2														
134					5984,41 kg							Toplam	638,663 metre Ø10						
135																			
136		Kiriş	Boyu	8,4	Sayı	5	Azi	42	Benzeri	Çoğu									
137		Çekme Donatısı																	
138																			
139																			
140																			
141																			

Şekil 7. Donatı metrajı (döşeme)

	M	N	O	P	Q	R
19	Bodrum			Zemin		
20	Bodrum Beton	222,984 m ³		Kalıp	1377,02 m ²	
21	Bodrum Kalıp	1377,02 m ²		Donatı İnce	14,8622773 ton	
22	Bodrum Donatı İ.	14,86227728 ton		Donatı Kalın	9,0323856 ton	
23	Bodrum Donatı K.	9,0323856 ton		Beton	222,984 m ³	
24	Membran SY3	854,1570691 m ²		Kalıp İskelesi	1543,40325 m ³	
25	Membran SY2	541,4070691 m ²		İç Duvar	302,94 m ²	
26	Membran SY1	541,4070691 m ²		Dış Duvar	151,08 m ²	
27	Geri Dolgu 3	1343,75 m ³		Kaba Siva	1617,39 m ²	
28	Geri Dolgu 2	1170 m ³		Alçı Siva	122,126 m ²	
29	Geri Dolgu 1	1170 m ³		İç Cephe Duvar Boya	686,342164 m ²	
30	Tuğla 3	854,1570691 m ²		İç Tavan Boya	726,58 m ²	
31	Tuğla 2	541,4070691 m ²		Dış Cephe Boya	283,1 m ²	
32	Tuğla 1	541,4070691 m ²		Laminant	385,1895 m ²	
33	Bodrum Dış Duvar	205,16 m ²		Granit	243,4455 m ²	
34				Fayans	53,75 m ²	
35				Karo Parke	0 m ²	
36				Marley	0 m ²	
37				Ofis Halısı	0 m ²	
38				Mozaik	0 m ²	
39				Duvar Fayans	60,72 m ²	
40				Doğrama ve Cam	53,45 m ²	
41						

Şekil 8. Metraj özeti

Diğer metraj kalemlerinin hesaplamaları da yapının boyutları ile ilişkilendirilerek gerçekleştirilmiştir. Yapının metraj özeti şekil 8'de sunulmuştur.

3.2. İşçilik ve Malzeme İhtiyaçlarının Hesaplanması

İnşaatin gerçekleştirilmesi için ihtiyaç duyulacak işçilik ve malzeme miktarları Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yayınladığı birim fiyat analizleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Y.16.072/06 pozunun analizi

Rayiç No	Tanımı	Birimi	Miktar
03.642(Y)	Jet grouting ekipmanı ile delgi makinası'nın 1 saatlik ücreti	Saat	0,10
03.517/1(Y)	Kompresör'ün 1 saatlik ücreti (250 HP)	Saat	0,10
4.031	Su	m ³	0,95
1.409	Formen	Saat	0,30
1.501	Düz işçi	Saat	0,60

Tablo 1'de Y.16.072/06 poz numarasına sahip "Her uzunluk, her açı ve her türlü zeminde Ø 100 cm jet grout kolonu imalatı yapılması (jet2 yöntemi ile) (delgi dahil)" işine ait analiz verilmiştir. Bu analizde 1 metrelik jet grout kolonu imalatı için gerekli malzeme ve işçilik miktarları yer almaktadır. Bina inşaatı için gerekli olan tüm pozlar hesap cetveli uygulamasına girilerek metrajı hesaplanan tüm iş kalemlerinin analizlerinin yapılabilmesi mümkün olmuştur.

Poz analizinde belirtilen iş makinesi ve işçilik süreleri ile malzeme miktarları metraj sonucu elde edilen imalat miktarı ile çarpılarak iş kalemi için gerekli olan makine-saat, adam-saat ve malzeme miktarları elde edilir. Fore kazık imalatı için gerekli olan demir işçilik ve malzeme miktarlarının örnek hesaplaması Şekil 9'da gösterilmiştir.

Metrajı hesaplanan fore kazık imalatı için gereken ince ve kaba donatı metraj özeti kısmında C21 ve D21 numaralı hücrede yer almaktadır. Bu değer işçi poz tabında donatı işinin 1 tonu için gerekli demir kesme

bükme makinesinin çalışması için gereken saatin belirtildiği F106 numaralı hücre ile çarpılarak gereken makine-saat değeri elde edilmiştir. Belirtilen işlemler tüm metraj kalemleri için tekrarlanarak tüm iş kalemleri için gerekli makine-saat, adam-saat ve malzeme miktarları elde edilmiştir.

İş paketinin kaç günde tamamlanması gerektiği kullanıcı tarafından belirtilmektedir. Şekil 9'da 114 hücresine iş paketinin kaç günde bitirileceği girildiğinde ekipman ve işçi sayıları hesap cetveli uygulaması tarafından hesaplanmaktadır. Şekil 9'da

F9-12 arasında donatı işi ile ilgili gereken ekipman ve işçi sayıları gösterilmektedir.

Formül eşleştirmeleri hesap cetveline bir kereye mahsus tanıtılmıştır. Bu işlemin ardından binanın boyutlarında değişiklik yapılması durumunda metraj verileri güncellenmekte ve bunun sonucunda bütün malzeme ve işçilik değerleri de güncellenmektedir. Bu sayede projede yapılan revizyonların metraj ve analizi anında güncellenmektedir. Bu sayede planlama bölümünün iş yükünde önemli ölçüde düşüş sağlanabilecektir.

C9	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4		Fore Delgi Makinesi					3 adet			
5		Kazık	5,04	saat			6 adet/gün			
6		Erbab İşçi	15,12	saat			2 E.i			
7		Düz İşçi	15,12	saat			2 D.i			
8		Donatı								
9		Demir kesme bükme makinesi	5,00785994	saat			1 adet			
10		Soğuk Demirci Ustası	20,3852179	saat			2 kişi			
11		Soğuk Demirci Usta Yardımcısı	30,5778269	saat			3 kişi			
12		Düz İşçi	55,6171266	saat			6 kişi			
13										
14		Başlık Kirişi 1-2				EKİP		Seçilen Gün	1	
15		Marangoz Ustası	31,5406283	saat			3 kişi/gün			
16		Marangoz Usta Yardımcısı	31,5406283	saat			3 kişi/gün			
17	KALIP	Düz İşçi	21,5049738	saat			2 kişi/gün			
18								Yapılan İş	143,366	m2
19		Demir kesme bükme makinesi	7,09554974	saat			1 adet			
20		Soğuk Demirci Ustası	30,1560864	saat			3 Kişi/gün			
21		Soğuk Demirci Usta Yardımcısı	45,2341296	saat			5 Kişi/gün			
22	DONATI	Düz İşçi	80,7118783	saat			8 Kişi/gün			
23								Yapılan İş	7,09555	Ton
24										
25										
26		Başlık Kirişi 3-4				1 Günde Bitirecek Ekip		2 Günde Bitirecek Ekip		
27		Marangoz Ustası	55,1393717	saat			6 kişi/gün		3 kişi/gün	
28		Marangoz Usta Yardımcısı	55,1393717	saat			6 kişi/gün		3 kişi/gün	
29	KALIP	Düz İşçi	37,5950262	saat			4 kişi/gün		2 kişi/gün	

Şekil 9. Örnek işçilik ve malzeme ihtiyacı hesabı

3.3. İş Programının Oluşturulması

İnşaatin gerçekleştirilmesi için inşası gereken iş kalemlerinin aralarındaki fiziksel ve mekânsal kısıtlar göz önüne alınarak iş kalemlerinin arasındaki mantıksal ilişkiler kuruldu. Bütün ilişkiler bitince başlar ilişkisi ile oluşturuldu. İş programı Şekil 10'da gösterilmiştir.

İş programında süreler kullanıcının girdiği ilgili hücre referans alınarak tanımlanmıştır. Fakat fore kazık ve kazı işlerinde kullanıcı iş makinesinin sayısını seçmektedir. Bu işlerin süreleri makine-saat değerinin günlük çalışma süresine ve makine sayısına bölünmesi ile hesaplanmaktadır.

Örnek hesaplama Şekil 10'daki formül hücresinde görülmektedir. İş programında birbirlerine birince başlar ilişkisi ile bağlı aktivitelerden öncel olanının bitiş zamanı ardıl olanın başlangıç zamanına eşlenir. Ardıl aktivite sayısı birden fazla ise bitiş zamanlarının en büyüğü öncel aktivitenin başlangıç zamanına eşitlenir. Aktivitenin başlangıç zamanına aktivite süresi eklenerek bitiş zamanı hesaplanır. Örnek hesaplama Şekil 11'de gösterilmiştir.

B	C	D	E	F
	Süre	Başlangıç	Bitiş	
İŞLER				
Fore Kazık 1	10	0	10	
Fore Kazık 2	20	10	30	
Başlık Kirişi 1-2	1	30	31	
Kazı 1.1	3	30	33	
Fore Kazık 3	10	30	40	
Ankraj 1-2.1	10	33	43	
Fore Kazık 4	45	40	85	
Enjeksiyon 1-2.1	2	43	45	
Kuşak Kirişi 1-2.1	3	45	48	
Halat Germe 1-2.1	2	48	50	
Kazı 2.1	5	85	90	
Başlık Kirişi 3-4	2	85	87	
Ankraj 3-4.1	18	87	105	
Enjeksiyon 3-4.1	3	105	108	
Kuşak Kirişi 3-4.1	4	108	112	
Halat Germe 3-4.1	3	112	115	
Kazı 1.2	3	90	93	
Ankraj 1-2.2	10	105	115	
Enjeksiyon 1-2.2	2	115	117	

Şekil 10. İş programı özeti

İŞÇİLER			MALZEMELER		
	2016	2017		2016	2017
Düz işçi	74	79,5	İnce Donatı(ton)	1807,64	2552,31
Marangoz Ustası	101	108,5	Kalın Donatı(ton)	1751,08	2503,23
Marangoz Usta Yrd.	75,5	81	Kalıp Tahtası(m2)	36,99	39,63
SDU	101	108,5	Beton(m3)	172,38	178,78
SDUY	75,5	81	Boya(kg)	12,2	12,8
Yalıtımcı Ustası	101	108,5	Fayans(m2)	28,87	40,36
Duvarcı Ustası	101	108,5	Laminant(m2)	122,85	128,86
Sıvacı Ustası	101	108,5	Granit(m2)	61,45	65,11
Sıvacı Usta yrd.	75,5	81	Karo Parke(m2)	58,29	61,8
Boyacı Ustası	101	108,5	Marley(m2)	35,3	37,1
			Ofis Halısı(m2)	49,11	54,65
			Mozaik(m2)	31,65	36,74
			Membran(m2)	12	13,2
			Tuğla(adet)	0,28	0,3
			Bodrum Duvar Gazbeton(m2)	45,6	48
			Gazbeton Tutkal	0,42	0,44
			Üstkatlar Tuğla(adet)	0,28	0,3
			Sıva ve Duvar Çimento(ton)	168	176
			Sıva ve Duvar Kum(m3)	14,5	16

Not: Yukarıdaki fiyatlar TL cinsindedir.

Şekil 14. Rayiçlerin girilmesi

Şekil 15. İbraz günlerinin ve ibraz tutarının belirlenmesi

Şantiyede çalışan tüm işçi sınıfları için her gün kaç işçi çalıştığı Gantt şemasından yararlanılarak hesaplanmaktadır. Gantt şemasında aktivitenin o gün gerçekleştirilmesi durumunda hücre değeri 1, diğer durumlarda 0 olmaktadır. Aktivitenin ihtiyaç duyduğu işçi sayısı ilgili hücreden alınıp hücre değeri ile çarpılarak o gün belirtilen aktivitenin gerçekleştirilmesi için çalışan işçi sayısı elde edilir. Bu işlem tüm aktiviteler için tekrarlanırsa belirtilen işçi sınıfından kaç işçiye ihtiyaç duyulduğu hesaplanacaktır. Belirtilen hesaplama Şekil 13'te gösterilmiştir. Formül çubuğunda yer alan ifade düz işçi çalıştırılan tüm aktivitelerdeki düz işçi sayılarını belirleyip toplamını almaktadır.

Malzeme miktarları ve iş makinesi kullanımı da benzer şekilde hesaplanmaktadır. İşçi, iş makinesi ve malzeme rayiçleri hesap cetveli uygulamasına Şekil 14'te gösterildiği gibi girilmiş ve günlük kullanım miktarı ile çarpılarak ilgili maliyet kaleminin günlük

harcama değerleri elde edilmiştir. Günlük maliyet hesaplaması Şekil 15'te gösterilmiştir.

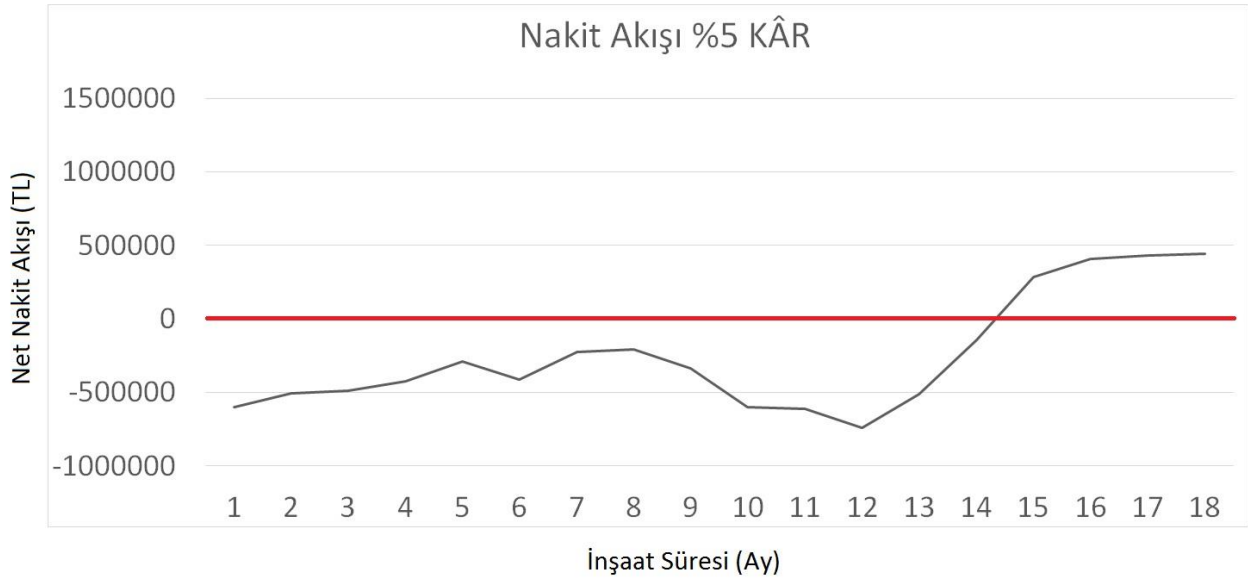
3.5. Nakit Akışının Oluşturulması

Hakedişlerin periyodu ve zamanı sözleşmede tarif edildiği için her projede değişiklik gösterebilmektedir. Bu çalışmada hakediş esas olacak imalatların ibrazlarının her ayın son cuması gerçekleştirileceği kabul edilmiştir. Ayın son cumasını tespit edebilmek için önce ay değişiminin olduğu gün tespit edilmiş, ardından bu günün öncesindeki ilk cuma günü belirlenmiştir. İnşaat süresi boyunca imalatların ibraz edileceği günler tespit edilmiştir. İki ibraz günü arasındaki dönem hakediş dönemi içinde gerçekleştirilen direkt harcamayı belirtmektedir. Buna şantiye genel giderleri de eklenerek hakediş dönemlerinde gerçekleşen maliyet elde edilir.

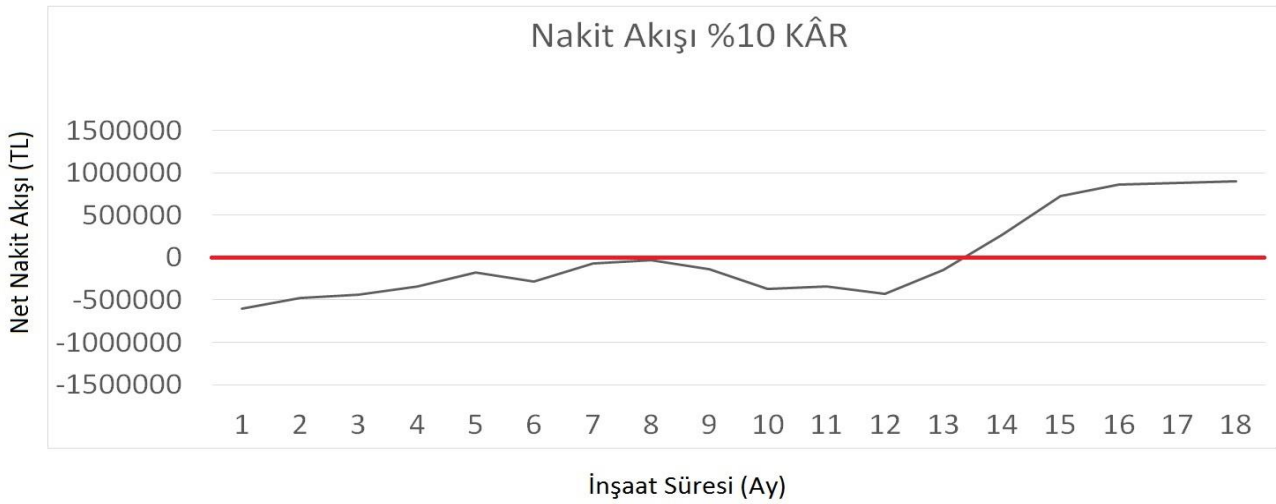
İş programına göre işlerin tamamlanma oranı hesaplanır ve yüklenicinin hakedişe esas alacağı sözleşme şartlarına göre hesaplanır. Hesap cetveli uygulamasına her iş kaleminin inşaat maliyetine göre kâr oranı girilmekte ve hakediş dönemlerinde alınacak miktar hesaplanmaktadır. Böylece girilen rayıçlara ve kâr oranına göre nakit akışının nasıl değişeceği inşaat başlamadan görülecektir.

4. Duyarlılık Analizi

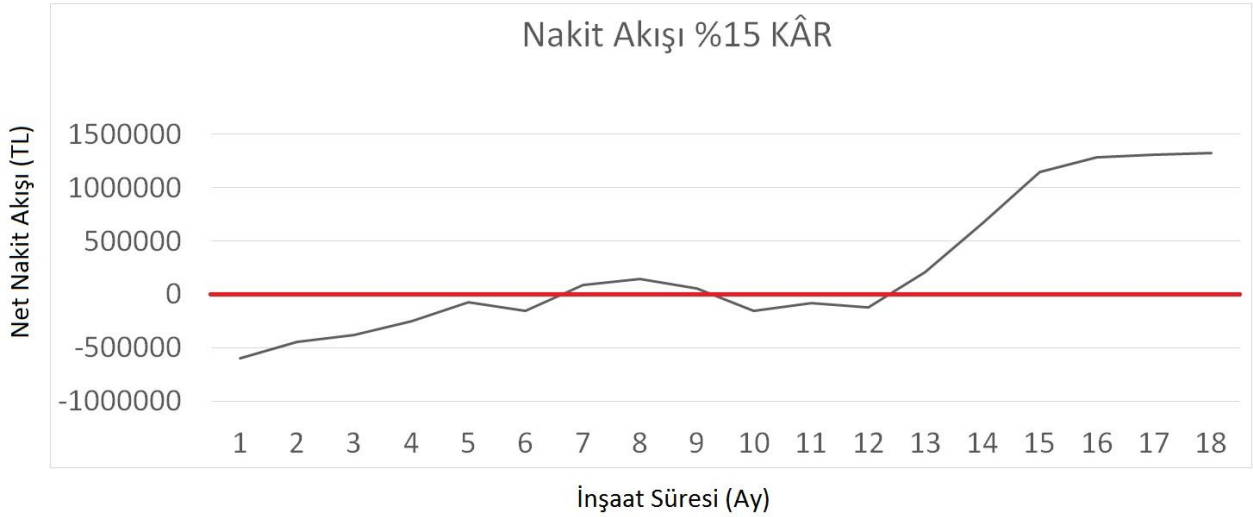
Malzeme ve işçilik üzerine %5, %10 ve %15 net kâr eklenecek şekilde sözleşme bedeli belirlendiğinde nakit akışının nasıl şekillendiği üzerine duyarlılık analizi yapılmıştır. Nakit akışları grafik biçiminde Şekil 16-18'de sunulmuştur. Grafiklerde Y ekseninde elde edilen net nakit akışının değerini, X ekseninde ise inşaatın hangi ayında olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 16. Nakit akışı (%5 Kâr)



Şekil 17. Nakit akışı (%10 Kâr)



Şekil 18. Nakit akışı (%15 Kâr)

Nakit akış diyagramları incelendiğinde tamamının çok benzer örüntüye sahip olduğu görülmektedir. Diyagramlar arasındaki kâr oranı arttıkça eğimin arttığı yönündedir. Sınır oranlar olan %5 ve %15 kâr oranlarının uygulandığı diyagramlar incelendiğinde %5 kâr oranında 14. ay sonunda nakit akışı pozitif olurken %15 kâr oranında dalgalı bir seyir izlediği ve 3 kere yatay eksenle kesiştiği görülmektedir. Bu durum müteahhit için son derece olumludur. Ödeme dengesinin az miktarda açık vereceği anlamına gelir ve açığın önemli bir kısmının kendi kaynakları ile karşılanıp borçlanmadan veya çok az miktarlarda borçlanarak bir başka deyişle az faiz ödeyerek inşaatı sürdürebileceği görülmektedir.

Nakit akış diyagramında doğrunun negatif olduğu kısımda yatay eksenle oluşturduğu alan yüklenicinin kendi kaynaklarından karşıladığı inşaat maliyetinin zamanla çarpımına eşittir. Müteahhidin öz kaynakları nakit akışının negatif olduğu durumu karşılamaya yeterli gelmiyorsa müteahhit borçlanma yoluna gidecektir. Bu durumda nakit akış diyagramında oluşan negatif alan faizle kaynak temini yapılması gereken tutar olacaktır ve önemli bir maliyet kalemi oluşturacaktır. Bu nedenle negatif alanın büyümesi müteahhit için önemli bir risktir.

Hesap cetveli uygulaması oluşturulurken bütün işlem adımları formüleleştirildiği için duyarlılık analizinin gerçekleştirilmesi sadece kâr oranlarının girildiği hücredeki değerlerin değiştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Böylece bu yöntemi kullanacak olan müteahhit, ihale dosyasını hazırlarken hatasız olabilecek teklif bedeline göre nasıl bir nakit akışı ile karşılaşacağını, ve projenin risklerini görebilecektir.

5. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, metrajdan iş programı oluşturulmasına kadar tüm planlama aşamalarının işlem adımlarını

hesap cetveli uygulamasına tanıtılması ile insan müdahalesi olmadan nakit akışını hazırlayan bir uygulama geliştirilmiştir. Metraj hazırlama, rayiçlerin ve yaklaşık maliyetin hesaplanması, iş programı oluşturulması ve iş takibinin yapılması işlemleri farklı yazılımlar tarafından yürütülmektedir. Bu yazılımların bulundurulması ve bunları kullanacak personelin istihdam edilmesi küçük ve orta ölçekli inşaat firmaları tarafından önemli bir maliyet kalemidir. Bu çalışmada ilk yatırım maliyeti sıfır olan ve inşaat mühendisleri tarafından kolaylıkla kullanılabilir ve ek özellikler eklenebilecek bir uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulamanın kullanılması ile planlama aşamasında önemli ölçüde maliyetlerden ve süreden tasarruf elde edilebilecektir.

İnşaatın ileri safhalarındaki rayiç bedelleri artırılarak enflasyonun ön görülenden daha yüksek düzeyde olması durumunda nakit akışının nasıl değişeceği incelenebilecektir. Ayrıca farklı senaryolar denenerek ekonomik koşullara göre nakit akışının nasıl şekilleneceği incelenip risk analizi yapılabilir. Nakit akışının oluşturulması sözleşmede tarif edilen eskalasyon formülleri kullanılarak güncellenirse daha yüksek doğrulukta sonuçlar elde edilebilecektir. Ayrıca inşaat projesi hesap cetveline rakamlar girilerek proje boyutları ve malzeme sınıfı tarif edilmektedir. Bilgisayar destekli çizim yazılımlarında otomatik olarak veri aktarımı gerçekleştirilmesi halinde veri aktarımında oluşabilecek insan hatalarının önüne geçilebilecektir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

- Boussabaine, A. H., & Kaka, A. P. (1998). A neural networks approach for cost flow forecasting. *Construction Management & Economics*, 16(4), 471-479.
- Chen, H. L., O'Brien, W. J., & Herbsman, Z. J. (2005). Assessing the accuracy of cash flow models: the significance of payment conditions. *Journal of construction engineering and management*, 131(6), 669-676.
- Hwee, N. G., & Tiong, R. L. (2002). Model on cash flow forecasting and risk analysis for contracting firms. *International Journal of Project Management*, 20(5), 351-363.
- Jarrah, R. E., Kulkarni, D., & O'Connor, J. T. (2007). Cash flow projections for selected TxDoT highway projects. *Journal of construction engineering and management*, 133(3), 235-241.
- Kaka, A. P., & Price, A. D. F. (1993). Modelling standard cost commitment curves for contractors' cash flow forecasting. *Construction Management and Economics*, 11(4), 271-283.
- Kaka, A. P. (1996). Towards more flexible and accurate cash flow forecasting. *Construction Management and Economics*, 14(1), 35-44.
- Kenley, R., & Wilson, O. D. (1989). A construction project net cash flow model. *Construction Management and Economics*, 7(1), 3-18.
- Kenley, R. (1999). Cash farming in building and construction: a stochastic analysis. *Construction Management & Economics*, 17(3), 393-401.
- Maravas, A., & Pantouvakis, J. P. (2012). Project cash flow analysis in the presence of uncertainty in activity duration and cost. *International journal of project management*, 30(3), 374-384.
- Miskawi, Z. (1989). An S-curve equation for project control. *Construction Management and Economics*, 7(2), 115-124.
- Ranasinghe, M. (1996). Total project cost: a simplified model for decision makers. *Construction Management & Economics*, 14(6), 497-505.
- Park, H. K., Han, S. H., & Russell, J. S. (2005). Cash flow forecasting model for general contractors using moving weights of cost categories. *Journal of management in Engineering*, 21(4), 164-172.
- Tangsucheeva, R., & Prabhu, V. (2014). Stochastic financial analytics for cash flow forecasting. *International Journal of Production Economics*, 158, 65-76.