85123

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

| Tez Danışmanı | Üye | Üye |
|---|---|---|
| Doç.Dr.Mualla Öner | Prof.Dr.Dursun Ali Şaşmaz | Doç.Dr.Esen Bolat |

# GRAFİKSEL PROGRAMLAMA TEKNİKLERİ İLE GAZ ABSORBSİYON KOLONU TASARIMI

**Kimya Müh. Nevzat YENİPAZAR**

**F.B.E. Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mualla ÖNER**

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

85123

**İSTANBUL, 1998**

## İÇİNDEKİLER


| | | Sayfa |
|---|---|---|
| İÇİNDEKİLER | | ii |
| SİMGE LİSTESİ | | iv |
| ŞEKİL LİSTESİ | | vi |
| ÇİZELGE LİSTESİ | | viii |
| TEŞEKKÜR | | ix |
| ÖZET | | x |
| ABSTRACT | | xi |
| 1. | GİRİŞ | 1 |
| 2. | GAZ ABSORBSİYON KOLONU TASARIMI | 3 |
| 2.1. | Dolgulu Kolon Tasarımı | 3 |
| 2.1.1. | Tek Bileşenin Durgun Olduğu Durum ($N_B$=0) | 5 |
| 2.1.1.1. | Operasyon eğrisinin oluşturulması ve minimum akış debisi hesabı | 5 |
| 2.1.1.2. | Film tipi kütle aktarım katsayıları kullanılarak yapılan tasarım | 8 |
| 2.1.1.3. | Toplam kütle aktarım katsayıları kullanılarak yapılan tasarım | 13 |
| 2.1.1.4. | Transfer üniteleri kullanılarak yapılan tasarım | 14 |
| 2.1.2. | Eşit Molar Zıt Difüzyon Durumu ($N_B$=-$N_A$) | 15 |
| 2.1.2.1. | Operasyon eğrisinin oluşturulması | 15 |
| 2.1.2.2. | Film tipi kütle aktarım katsayıları kullanılarak yapılan tasarım | 15 |
| 2.1.2.3. | Toplam kütle aktarım katsayıları kullanılarak yapılan tasarım | 16 |
| 2.1.2.4 | Transfer üniteleri kullanılarak yapılan tasarım | 16 |
| 2.1.3. | Genel Durum ($N_B$=-F.$N_A$) | 17 |
| 2.1.3.1. | Operasyon eğrisinin oluşturulması | 17 |
| 2.1.3.2. | Film tipi kütle aktarım katsayıları kullanılarak yapılan tasarım | 17 |
| 2.1.3.3. | Toplam kütle aktarım katsayıları kullanılarak yapılan tasarım | 18 |
| 2.1.3.4. | Transfer üniteleri kullanılarak yapılan tasarım | 19 |
| 2.2. | Raflı Kolon Tasarımı | 19 |
| 2.2.1. | Operasyon eğrisinin oluşturulması ve grafik çözüm | 19 |

| | | Sayfa |
|---|---|---|
| 2.2.2. | Analitik çözüm | 21 |
| 2.3. | Sıyırma Kolonu Tasarımı | 22 |
| 2.3.1. | Operasyon eğrisinin oluşturulması ve grafik çözüm | 22 |
| 2.3.2. | Analitik çözüm | 23 |
| 3. | GASABSW 1.0 PROGRAMI KULLANIMI | 25 |
| 3.1. | "START.FRM" Formu | 25 |
| 3.2. | Dolgulu Kolon | 25 |
| 3.3. | Raflı Kolon | 31 |
| 3.4. | Sıyırma Kolonu | 33 |
| 4. | GASABSW 1.0 PROGRAMI TANITIMI | 36 |
| 4.1. | Dolgulu Kolon Kısmı Algoritması | 38 |
| 4.2. | Raflı Kolon Kısmı Algoritması | 40 |
| 4.3 | Sıyırma Kolonu Kısmı Algoritması | 41 |
| 5. | SONUÇLAR VE TARTIŞMA | 39 |
| 5.1. | Dolgulu Kolon Tasarımı Uygulaması | 39 |
| 5.1.1. | Örnek1 (SO2DEN.ABS) | 39 |
| 5.2. | Raflı Kolon Tasarımı Uygulaması | 43 |
| 5.2.1. | Örnek2 (ASETON.RAF) | 43 |
| 5.3. | Sıyırma Kolonu Tasarımı Uygulaması | 46 |
| 5.3.1. | Örnek3 (PROPAN.STR) | 46 |
| 5.4. | Tartışma | 50 |
| KAYNAKLAR | | 51 |
| ÖZGEÇMİŞ | | 52 |

## SİMGE LİSTESİ

| | |
|---|---|
| a | Dolgu malzemesi özgül yüzeyi |
| A | Dolgulu kolon aktif yüzey alanı |
| $A_A$ | Raflı kolonda absorbsiyon faktörü |
| F | Dolgulu kolon genel durum hesaplamalarında kullanılan katsayı |
| $H_G$ | Kütle aktarım yüksekliği |
| $k'_x$ | Sıvı faz film tipi kütle aktarım katsayısı |
| $k'_y$ | Gaz faz film tipi kütle aktarım katsayısı |
| $k'_x a$ | Sıvı faz hacimsel kütle aktarım katsayısı |
| $k'_y a$ | Gaz faz hacimsel kütle aktarım katsayısı |
| $K'_y a$ | Gaz faz toplam kütle aktarım katsayısı |
| L | Toplam sıvı debisi |
| L′ | İnert sıvı akış debisi |
| $L_o$ | Raflı kolonda sıvı giriş debisi |
| $L_N$ | Raflı kolonda sıvı çıkış debisi |
| $L_{min}$ | Minimum akış debisi |
| m | Denge doğrusunun eğimi |
| m′ | Toplam kütle aktarım katsayıları hesabında kullanılan eğim |
| M | Raflı kolonda toplam kütle debisi |
| N | Hesaplanan raf sayısı |
| $N_A$ | A komponenti molar akı değeri |
| $N_B$ | B komponenti molar akı değeri |
| $N_G$ | Kütle aktarım ünitesi |
| S | Kolon kesit alanı |
| $S_A$ | Sıyırma faktörü |
| V | Toplam gaz akış debisi |
| V′ | İnert gaz akış debisi |
| $V_1$ | Raflı kolonda gaz çıkış debisi |
| $V_{N+1}$ | Raflı kolonda gaz giriş debisi |
| x | Kolonun herhangibir noktasında sıvı faz içindeki mol kesri |

| | |
|---|---|
| $x_1$ | Dolgulu kolonu terkeden sıvı faz içindeki mol kesri |
| $x_2$ | Dolgulu kolona giren sıvı faz içindeki mol kesri |
| $x_o$ | Raflı kolonda sıvı faz giriş mol kesri |
| $x_N$ | Raflı kolonda sıvı faz çıkış mol kesri |
| $x_{AL}$ | A maddesinin sıvı faz içerisindeki mol kesri |
| $x_{Ai}$ | A maddesinin sıvı arayüzey içerisindeki mol kesri |
| $x^*$ | Toplam kütle aktarım katsayıları yönteminde kullanılan sıvı faz mol kesri |
| $x_M$ | Raflı kolonda sıvı faz ortalama mol kesri |
| y | Kolonun herhangibir noktasında gaz faz içindeki mol kesri |
| $y_1$ | Dolgulu kolona giren sıvı faz içindeki mol kesri |
| $y_2$ | Dolgulu kolonu terkeden sıvı faz içindeki mol kesri |
| $y_{N+1}$ | Raflı kolonda gaz faz giriş mol kesri |
| $y_{AG}$ | A maddesinin gaz faz içerisindeki mol kesri |
| $y_{Ai}$ | A maddesinin gaz arayüzey içerisindeki mol kesri |
| $y^*$ | Toplam kütle aktarım katsayıları yönteminde kullanılan gaz faz mol kesri |
| z | Dolgulu kolon yüksekliği |
| $\varphi_{ix}$ | Genel durumda film tipi kütle aktarım katsayılarında kullanılan sıvı faz logaritmik ortalama değeri |
| $\varphi_{iy}$ | Genel durumda film tipi kütle aktarım katsayılarında kullanılan gaz faz logaritmik ortalama değeri |
| $\varphi_{*M}$ | Genel durumda toplam kütle aktarım katsayılarında kullanılan logaritmik ortalama değeri |
| $\varphi_{iM}$ | Genel durumda aktarım ünitelerinde kullanılan gaz faz logaritmik ortalama değeri |

## ŞEKİL LİSTESİ


| | | Sayfa |
|---|---|---|
| Şekil 2.1 | Dolgulu kolon kesiti ..... | 4 |
| Şekil 2.2 | Kullanılan dolgu malzemeleri ..... | 5 |
| Şekil 2.3 | Zıt akım işlemlerinde kolon boyunca kütle dengesi..... | 6 |
| Şekil 2.4 | Denge ve operasyon eğrilerinin x-y grafiği üzerinde görünüşü..... | 7 |
| Şekil 2.5 | Absorbe olan maddenin gaz fazdan sıvı faza geçişini gösteren konsantrasyon profili..... | 9 |
| Şekil 2.6 | Arayüzeyde kütle aktarımını sağlayan itici gücü oluşturan konsantrasyon farkı..... | 10 |
| Şekil 2.7 | Karşıt akımlı raflı kolon akış şeması..... | 19 |
| Şekil 2.8 | Karşıt akımlı proseslerde raf sayısının grafik yardımıyla bulunuşu... | 20 |
| Şekil 2.9 | Denge ve operasyon eğrilerinin x-y grafiği üzerinde görünüşü..... | 23 |
| Şekil 3.1 | Kolon seçenekleri formu (START.FRM)..... | 25 |
| Şekil 3.2 | Dolgulu kolon işlem sırası..... | 26 |
| Şekil 3.3 | Difüzyon tipi ve çözüm yöntemi seçim formu (YONTEM.FRM)..... | 27 |
| Şekil 3.4 | Dolgulu kolon kısmı için veri giriş formu (VERIGI1.FRM)..... | 29 |
| Şekil 3.5 | Dolgulu kolon kısmı için çözüm formu (SON1.FRM)..... | 30 |
| Şekil 3.6 | Dolgulu kolon kısmı için ara sonuç formu (RESULTS.FRM)..... | 30 |
| Şekil 3.7 | Raflı kolon işlem sırası..... | 31 |
| Şekil 3.8 | Raflı kolon kısmı için veri giriş formu (VERIGI2.FRM)..... | 32 |
| Şekil 3.9 | Raflı kolon kısmı için çözüm formu (SON2.FRM)..... | 32 |
| Şekil 3.10 | Sıyırma Kolonu İşlem Sırası..... | 33 |
| Şekil 3.11 | Sıyırma kolonu kısmı için veri giriş formu (VERIGI3.FRM)..... | 34 |
| Şekil 3.12 | Sıyırma kolonu kısmı için çözüm formu (SON3.FRM)..... | 35 |
| Şekil 4.1 | GASABSW 1.0 programı formları açılış sırası..... | 37 |
| Şekil 4.2 | Dolgulu kolon hesaplamaları kısmı genel akış diagramı..... | 38 |
| Şekil 4.3 | Dolgulu kolon yüksekliği ana hesap prosedürü algoritması..... | 39 |
| Şekil 4.4 | Raflı kolon hesaplamaları kısmı genel akış diagramı..... | 40 |

| | | Sayfa |
|---|---|---|
| Şekil 4.5 | Sıyırma kolonu hesaplamaları kısmı genel akış diagramı..... | 41 |
| Şekil 5.1 | Örnek1 uygulamasının veri giriş ekranı..... | 43 |
| Şekil 5.2 | Örnek1 uygulamasının çözüm ekranı..... | 43 |
| Şekil 5.3a | Örnek1 uygulamasının adım sayısı ara sonuçları ekranı-1..... | 44 |
| Şekil 5.3b | Örnek1 uygulamasının adım sayısı ara sonuçları ekranı-2..... | 44 |
| Şekil 5.4 | Örnek2 uygulamasının veri giriş ekranı..... | 46 |
| Şekil 5.5 | Örnek2 uygulamasının çözüm ekranı..... | 46 |
| Şekil 5.6 | Örnek3 uygulamasının veri giriş ekranı..... | 48 |
| Şekil 5.7 | Örnek3 uygulamasının çözüm ekranı..... | 48 |

## ÇİZELGE LİSTESİ


| | | Sayfa |
|---|---|---|
| Çizelge 3.1 | Difüzyon tipi ve çözüm yöntemine göre açılacak olan formların isimleri..... | 27 |
| Çizelge 5.2 | Dolgulu kolon tasarımı ile ilgili referanslardan derlenen problemlerin sonuçlarının elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması.. | 49 |
| Çizelge 5.3 | Raflı kolon ve sıyırma kolonu tasarımı ile ilgili referanslardan derlenen problemlerin sonuçlarının elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması..... | 49 |

**TEŞEKKÜR**

Gaz absorbsiyon kolonu tasarımında, interaktif grafiksel bilgisayar programı oluşturulması amacıyla bu tezin bana verilmesini sağlayan Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. Salih DİNÇER'e, tezin hazırlanmasında teorik ve pratik yardımlarını esirgemeyen değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Mualla ÖNER'e , araştırma görevlisi arkadaşlarım Fevzi ÖZKAN ve İ.Serkan BARIŞ'a, ayrıca kimya mühendisi arkadaşım Naci KÜÇÜKKAYA'ya teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

## ÖZET

Bu çalışmada gaz absorbsiyon kolonu tasarımı ile ilgili hesaplamalar ve grafiksel metotları tamamen bilgisayar ortamına taşıyan GASABSW_1.0 programı geliştirilmiştir. Bilgisayar kullanımının eğitimdeki öneminin giderek artması nedeniyle, günümüzde tasarım programlarının gereksinimi ortaya çıkmıştır. Özellikle Kimya Mühendisliği eğitiminde grafiksel metotlar kullanılarak uygulanan çözüm yöntemlerinin, bilgisayar destekli tasarıma uygun olduğu görülmüştür.

GASABSW_1.0 programı, WINDOWS'un görselliğinden faydalanmak amacıyla Visual Basic_3.0 programlama dilinde hazırlanmıştır. Program, dolgulu kolon, raflı kolon ve sıyırma kolonu tasarımı olmak üzere üç kısımdan oluşmuştur. Dolgulu kolon tasarımı ile ilgili üç ayrı sistem ve üç ayrı hesaplama yöntemi kullanılarak grafik çizilmiş ve sonuçlar belirtilmiştir. Sıyırma kolonu ve raflı kolonda ise, absorbsiyon verimi ile ilgili yapılan değişikliğin aynı anda grafik üzerindeki raf sayısına etkisi görülebilmektedir. Programdan elde edilen sonuçların referanslardaki sonuçlara son derece yakın olduğu görülmüştür.



Anahtar sözcükler: Gaz absorbsiyonu, dolgulu kolon, raflı kolon, sıyırma kolonu, grafiksel metotlar, interaktif programlama

**ABSTRACT**

In this work, GASABSW_1.0 program was developed to design gas absorption column using graphical capabilities of the computers. Because of importance of using computers in education, nowadays necessity of design programs is appeared. Especially in Chemical Engineering education, it is reasonable to use computer-aided design in solution procedure of graphical methods.

GASABSW_1.0 program has been developed in Visual Basic_3.0 programming language by aiming to use interactive property of WINDOWS. The program has three sections: Packed column, tray column and stripping column design. In packed column design section, graphic has been drawn and results have been given by using three different systems and three different solution methods. In tray column and stripping column design section, changing absorption efficiency produces an almost instantaneous response in recomputing and redisplaying all results and graphic on the monitor. It is seen that the results can be obtained by the program are comparable to the related reference results.

Keywords: Gas absorption, packed column, tray column, stripping column, graphical methods, interactive programming

# 1.GİRİŞ

Gaz absorbsiyonu, bir gaz karışımının tercihan bir veya daha fazla bileşene ayrıştırılması amacıyla bir sıvıyla temas ettirilmesi ve bu sıvı içerisinde bir çözelti oluşturmasıdır. Örneğin kok kömürü fırınlarından çıkan gazlar, su ile yıkandıkları zaman amonyak, yağ ile yıkandıkları zaman ise benzen ve toluen ayrılır. İstenmeyen hidrojen sülfit, gazlardan veya tabii hidrokarbon gazlarından, içinde absorbe oldukları değişik alkali çözeltilerle yıkanarak ayrılır.

Gaz akımıyla taşınan değerli çözücü buharları tekrar kullanılmak amacıyla gazın uygun bir çözücüsüyle yıkanarak geri kazanılır. Bu işlemlerde, maddenin gaz fazından sıvıya doğru bir kütle transferi söz konusudur. Kütle transferi, ters yönde gerçekleştiği takdirde yani sıvıdan gaza doğru olduğunda, desorbsiyon veya sıyırma adını alır. Örneğin, absorbsiyonla yağdan ayrılan benzen ve toluen, sıvı çözeltisiyle temas ettirilir. Gaz akımı, kendi içine giren buharları taşır. Bu sırada, buhar gaz fazına girer ve dışarı alınır. Absorbsiyon ve sıyırma işlemlerinin prensipleri temel olarak aynı olduğu için bu iki işlem birlikte incelenir.

Genellikle, bu işlemler yalnızca çözünenin geri kazanılması veya giderilmesi için kullanılır. Çözünen maddelerin birbirlerinden istenilen miktarlarda ayrılması, fraksiyonlu destilasyon teknikleriyle yapılabilir (Treybal,1984).

Gaz absorbsiyon işlemini gerçekleştirecek olan kolon, dolgulu, raflı veya sıyırma kolonu olabilir. Dolgulu kolon tasarımında kütle aktarım katsayıları kullanılarak kolon yüksekliği hesaplanırken grafiksel metodlar kullanılır. Çünkü analitik çözümler uzun hesaplamalar ve iterasyonlar gerektirir. Raflı kolon ve sıyırma kolonunda raf sayısı hesaplanırken hem grafiksel metodlar hemde hesap işlemleri basit olduğundan dolayı analitik yöntemler kullanılabilir.

Bilgisayar kullanımının eğitimdeki öneminin giderek artması nedeniyle, günümüzde bilgisayar destekli tasarım programlarının gereksinimi ortaya çıkmıştır. Son yıllarda bu konu üzerindeki çalışmalar yoğunlaşmış ve öğrencilerin bu tür tasarım programlarını kullanmaları sağlanmıştır. Özellikle Kimya Mühendisliği eğitiminde grafiksel metodlar

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

kullanılarak uygulanan çözüm yöntemlerinin, bilgisayar destekli tasarıma uygun olduğu ortaya çıkmıştır (Öner ve Öner, 1994). Ayrıca 1995 yılından bu yana DOS işletim sisteminin WINDOWS karşısında güncelliğini yitirmesi nedeniyle, DOS altında geliştirilen programların WINDOWS'un görselliğinde yeniden geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Bununla beraber Visual Basic, Visual C gibi yeni programlama dilleri kullanıcılara sunulmuştur.

Bu çalışma Visual Basic_3.0 programlama dilinde hazırlanmış olup, üç bileşenli izotermik sistemler için gaz absorbsiyon kolonu tasarımı konusunu içermektedir. Geliştirilen GASABSW_1.0 adlı program, dolgulu kolon, raflı kolon ve sıyırma kolonu tasarımı olmak üzere üç ana kısımdan oluşmuştur. Dolgulu kolon ile ilgili üç ayrı hesaplama yöntemi kullanılmış ve ilgili grafik çizilerek sonuçlar belirtilmiştir. Sıyırma kolonu ve raflı kolonda ise, absorbsiyon verimi ile ilgili yapılan değişikliğin aynı anda grafik üzerindeki raf sayısına etkisi görülebilmektedir. Ayrıca MATHCAD paket programı kullanılarak elde edilen sonuçlar, geliştirilen program kullanılarak bulunan sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

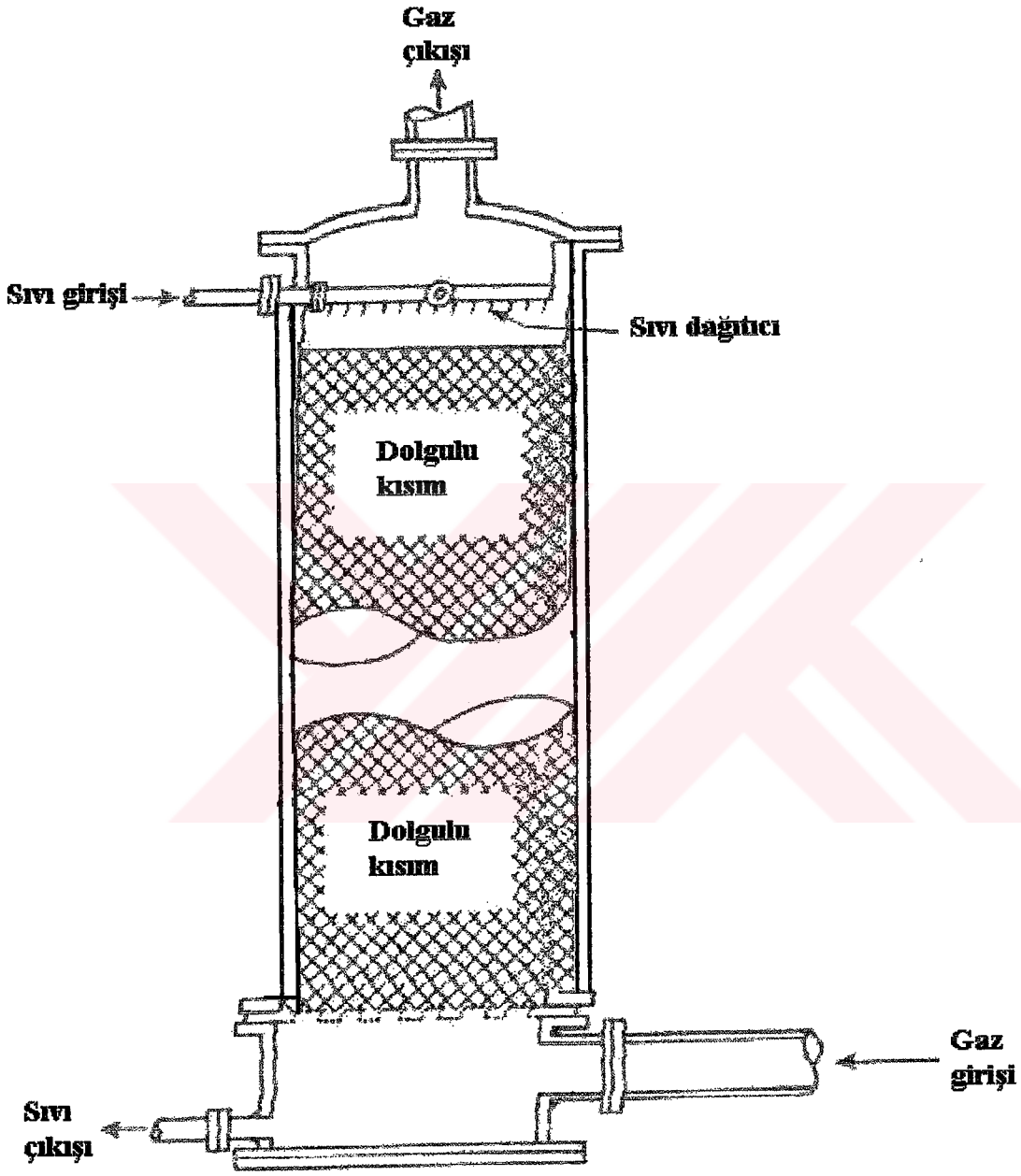
# 2. GAZ ABSORBSİYON KOLONU TASARIMI

## 2.1. Dolgulu Kolon Tasarımı

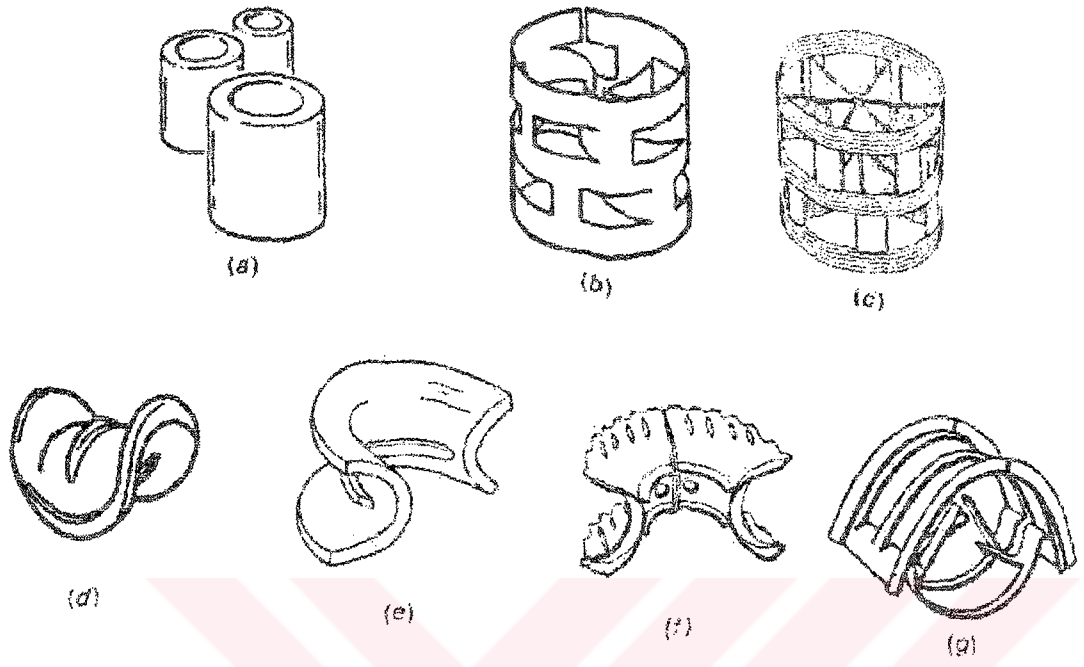
Gaz absorbsiyonunda ve diğer birçok önemli ayırma işleminde kullanılan dolgulu kolon Şekil 2.1' de gösterilmiştir. Üstten verilen sıvı ve alttan verilen gaz, silindirik kolon içinde bulunan inert katı dolgu malzemesinin yardımıyla birbirine temas ederek arzu edilen kütle transferi sağlanmış olur.

Üstten beslenen sıvı çoğu zaman saf çözücü, bazen de içinde eser miktarda çözünen bulunan çözelti halindedir. Girişteki dağıtıcı(distributor) yardımıyla bu sıvının dolgu malzemesinin tüm yüzeyini ıslatması sağlanır. Alttan beslenen ve çözünen madde içeren zengin gaz, yine bir dağıtıcı yardımıyla dolgu malzemesinin yüzeyindeki sıvı ile zıt yönde temas eder. Kullanılan dolgu malzemesinin yüzey alanı ne kadar genişse, gaz-sıvı teması da o kadar fazla olur. Zengin gaz içindeki çözünen madde sıvı tarafından absorbe edilir ve fakir gaz kolonu üstten terk eder. Çözünen maddeyi absorbe eden sıvı ise, kolonun altından alınır.

Kullanılan dolgu malzemesinin ebatı genelde 6 ila 75 mm arasındadır. Dolgu malzemeleri ucuz ve inert malzemelerdir (kil, porselen, plastik, çelik, aluminyum gibi). Sık kullanılan dolgu malzemeleri Şekil 2.2'de gösterilmiştir (McCabe vd., 1993).




Şekil 2.1 Dolgulu kolon kesiti

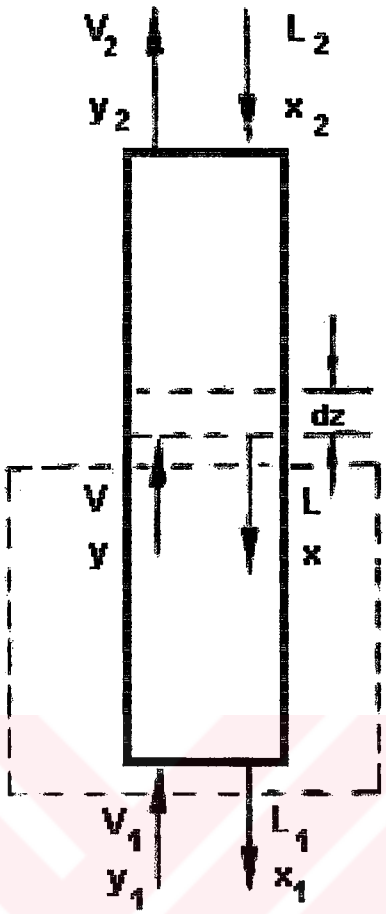



Şekil 2.2 Kullanılan dolgu malzemeleri. (a) Seramik Raschig halkası, (b) Metal Pall halkası, (c) Plastil Pall halkası, (d) Seramik Berl halkası, (e) Seramik Intalox halkası, (f) Plastik süper Intalox halkası, (g) Metal Intalox halkası

### 2.1.1. Tek Bileşenin Durgun Olduğu Durum ($N_B$=0)

#### 2.1.1.1. Operasyon eğrisinin oluşturulması ve minimum akış debisi hesabı

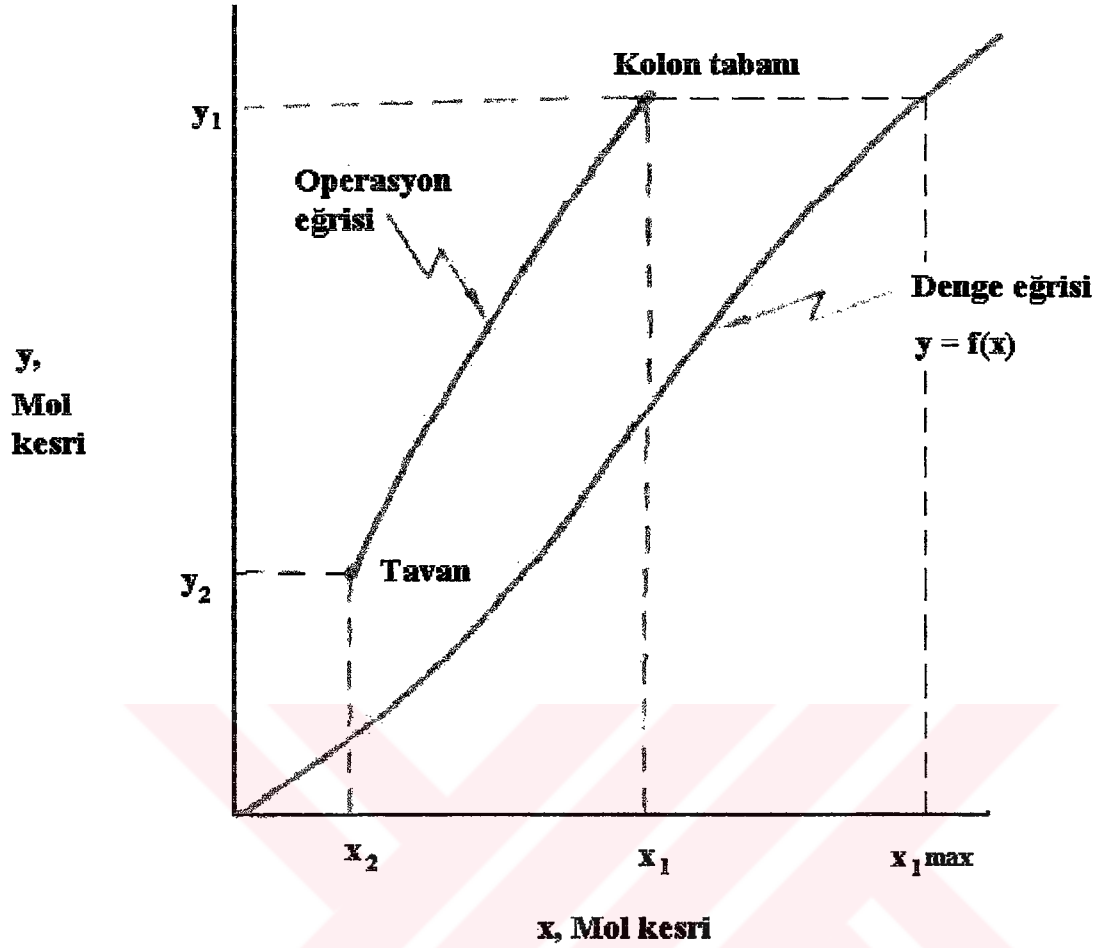
Karşıt akımlı kütle aktarımı işlemlerinde denge eşitliği kurulurken gaz ve sıvı akımların kolon boyunca değişimi incelenir. Kütle dengesi eşitliği çizilen grafikte operasyon eğrisini karakterize eder.




Şekil 2.3 Zıt akım işlemlerinde kolon boyunca kütle dengesi

Şeki 2.3'de görüldüğü gibi V mol/saat cinsinden gaz akımını, L ise mol/saat cinsinden sıvı akımını ifade etmektedir. Çözünen A maddesinin V akımı içerisindeki mol kesri $y_A$ veya y, L akımı içerisindeki mol kesri $x_A$ veya x olarak belirtilir. Çözünen A maddesi gaz fazdan sıvı faza transfer olur.

Bu durumda sadece A maddesi fazlar arasında difüze olur. Gaz fazı içindeki ikinci komponent B olarak adlandırılır ve inerttir, difüze olmaz. Sıvı faz içindeki ikinci komponent ise C 'dir ve difüze olmaz. Bu duruma örnek olarak amonyağın (A) inert gaz hava (B) içerisinden, inert sıvı su (C) içerisine difüze olması verilebilir.




Şekil 2.4 Denge ve operasyon eğrilerinin x-y grafiği üzerinde görünüşü

İnert hava ve inert suyun kolon boyunca debileri değişmez. İnert hava debisi V′ mol/saat ve inert su debisi L′ mol/saat olarak ifade edildiğinde A üzerinden komponent dengesi kurulduğunda;

$$L'\left(\frac{x_2}{1-x_2}\right)+V'\left(\frac{y_1}{1-y_1}\right)=L'\left(\frac{x_1}{1-x_1}\right)+V'\left(\frac{y_2}{1-y_2}\right) \qquad (2.1)$$

Kolonun herhangibir bölgesinde kütle dengesi kurulduğunda ise,

$$L'\left(\frac{x}{1-x}\right)+V'\left(\frac{y_1}{1-y_1}\right)=L'\left(\frac{x_1}{1-x_1}\right)+V'\left(\frac{y}{1-y}\right) \qquad (2.2)$$

operasyon eğrisi ifadeleri elde edilir (Geankoplis, 1977).

Minimum akış debisi, gaz absorbsiyon işleminin gerçekleşebilmesi için gerekli olan asgari yıkama sıvısı miktarıdır ve $L_{min}$ olarak ifade edilir. $L_{min}$ hesabı için Şekil 2.4' teki grafikten yararlanılır. Denge eğrisi üzerinde y1'e karşılık gelen x1max değeri okunur ve (2.1) eşitliğinde x1 yerine bu değer konarak $L_{min}$ bulunur (2.3).

$$L_{min}\left(\frac{x_2}{1-x_2}\right)+V'\left(\frac{y_1}{1-y_1}\right)=L_{min}\left(\frac{x_1 max}{1-x_1 max}\right)+V'\left(\frac{y_2}{1-y_2}\right) \qquad (2.3)$$

**2.1.1.2. Film tipi kütle aktarım katsayıları kullanılarak yapılan tasarım**

$k'_x$ ve $k'_y$ değerlerinin hesabı oldukça zor olduğundan, deneysel tecrübelere dayalı olan hacimsel kütle transfer katsayıları ($k'_x a$ ve $k'_y a$) kullanılır. Burada a değeri dolgu maddesinin özgül yüzeyi olup, aktif yüzey alanı $m^2$ / dolgulu kısım hacmi $m^3$ 'dir. S kolon kesit alanı($m^2$) olduğunda, dz yüksekliğindeki kolonun hacmi Sdz olur ve

$$dA = aSdz \qquad (2.4)$$

ifadesi elde edilir. A değeri aktif yüzey alanını temsil eder.

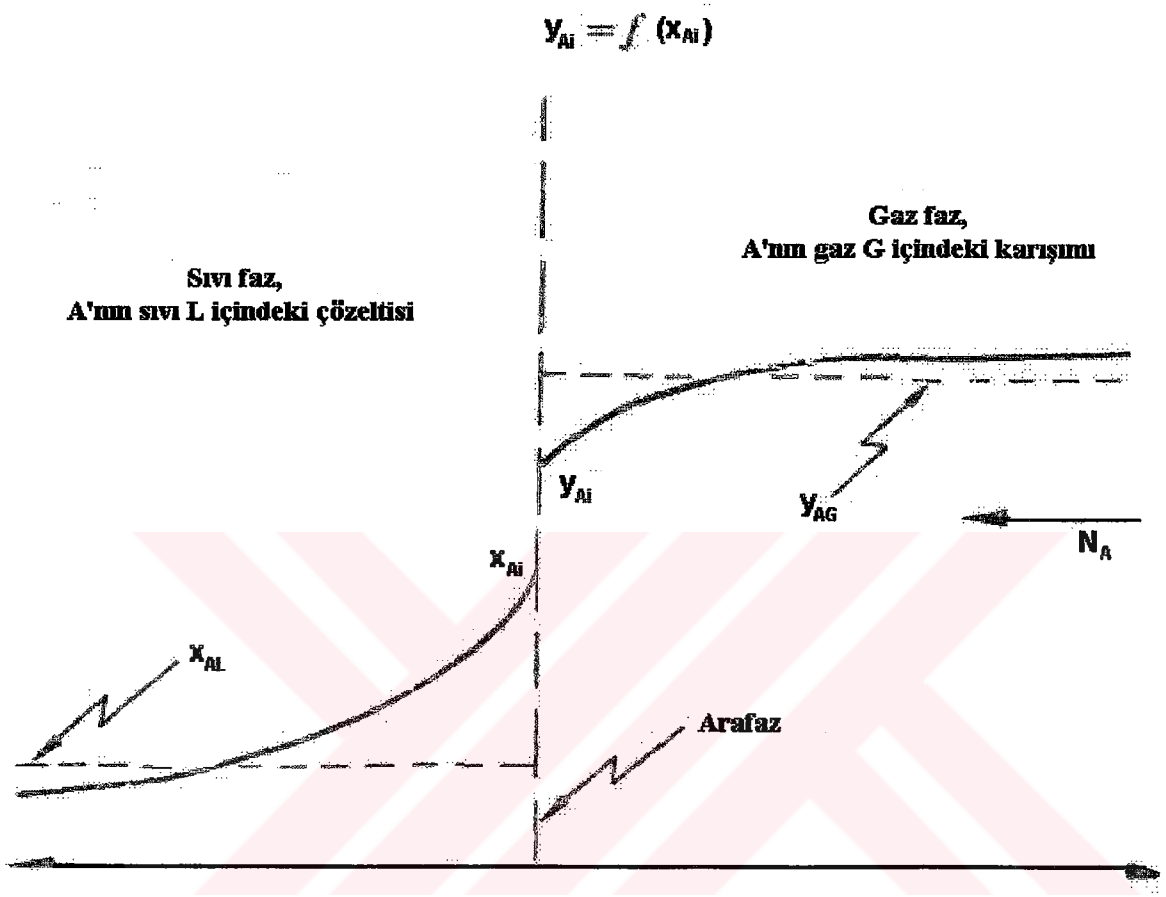
Buradan hacimsel kütle transfer katsayıları şu şekilde ifade edilir:

$k'_y a$ =kg mol / (s.$m^3$ dolgu. mol kesri)

$k'_x a$ =kg mol / (s.$m^3$ dolgu. mol kesri)

Kütle transfer sistemleri genellikle iki ayrı faz ve bunların arasındaki arayüzeyden oluşur. Yığın gaz fazı G içinde bulunan A maddesinin sıvı L fazı içine doğru difüze olduğunu

düşünelim. A maddesi bir fazdan diğerine arayüzeyi geçerek konsatrasyon profili Şekil 2.5'de gösterilen biçimde transfer olur.




Şekil 2.5 Absorbe olan maddenin gaz fazdan sıvı faza geçişini gösteren konsantrasyon profili

Şekilde;

$y_{AG}$; A'nın gaz fazı içerisindeki mol kesri

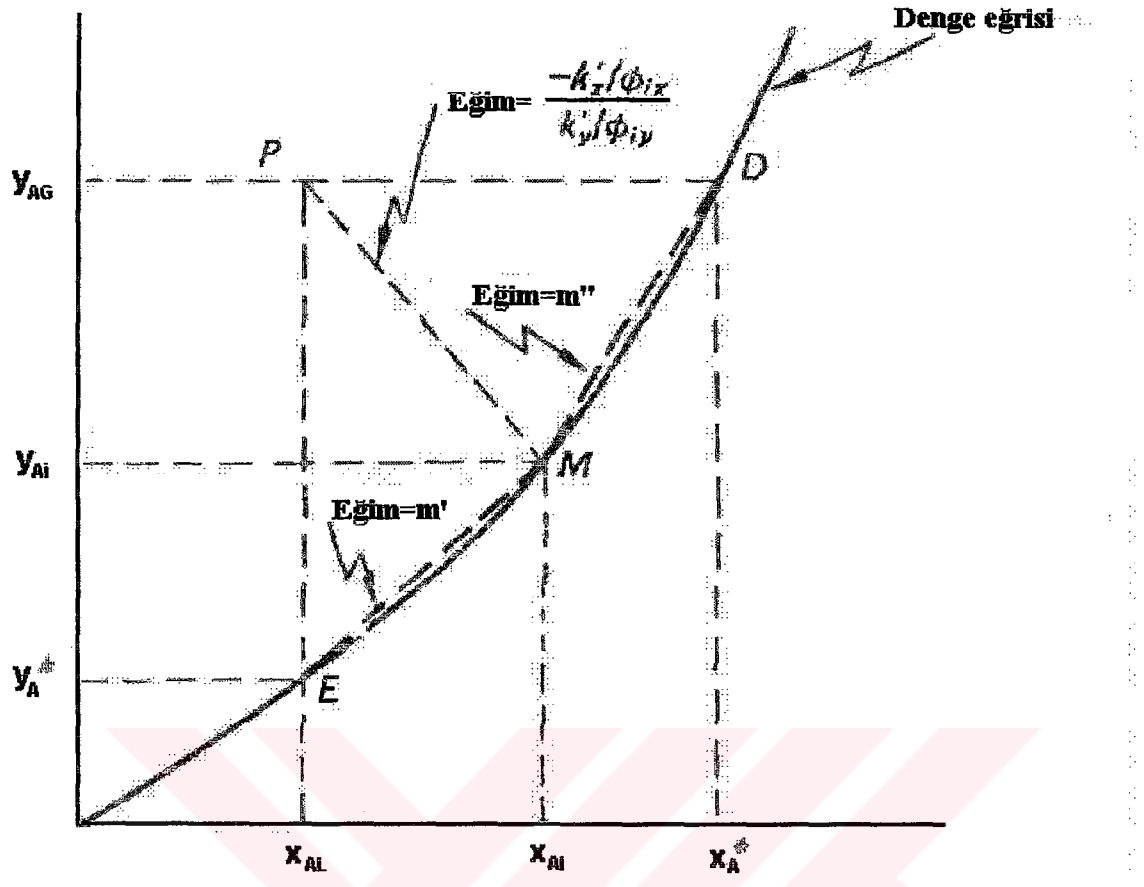
$x_{AL}$; A'nın sıvı faz içerisindeki mol kesri

$y_{Ai}$: A'nın arayüzey gaz içerisindeki mol kesri

$x_{Ai}$: A'nın arayüzey sıvı içerisindeki mol kesridir.

Yukarıdaki şekli x-y grafiğinde incelediğimizde Şekil 2.6 elde edilir.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ




Şekil 2.6 Arayüzeyde kütle aktarımını sağlayan itici gücü oluşturan konsantrasyon farkı

Burada P yığın faz konsantrasyonunu ($y_{AG}$;$x_{AL}$), M ise arayüzey konsantrasyonunu ($y_{Ai}$: $x_{Ai}$) temsil eder.

PM doğrusu eğimi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$N_A = k_y(y_{AG}-y_{Ai}) = k_x(x_{Ai}-x_{AL}) \quad (2.5)$$

$$k_y = k'_y/(1-y_A)_{iM} \text{ ve } k_x = k'_x/(1-x_A)_{iM} \quad (2.6)$$

Burada $k'_y$ gaz fazı kütle aktarım katsayısı, $k'_x$ ise sıvı faz kütle aktarım katsayısıdır. Birimi kgmol/s.$m^2$.mol kesri 'dir.

Bu durumda molar akı $N_A$ için aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$N_A = \frac{k'_y}{(1-y_A)_{iM}}(y_{AG} - y_{Ai}) = \frac{k'_x}{(1-x_A)_{iM}}(x_{Ai} - x_{AL}) \tag{2.7}$$

$$(1-x_A)_{iM} = \frac{(1-x_{AL})-(1-x_{Ai})}{\ln\left(\frac{1-x_{AL}}{1-x_{Ai}}\right)} \tag{2.8}$$

$$(1-y_A)_{iM} = \frac{(1-y_{Ai})-(1-y_{AG})}{\ln\left(\frac{1-y_{Ai}}{1-y_{AG}}\right)} \tag{2.9}$$

Buradan eğim;

$$\frac{-k'_x/(1-x_A)_{iM}}{k'_y/(1-y_A)_{iM}} = \frac{y_{AG} - y_{Ai}}{x_{AL} - x_{Ai}} \tag{2.10}$$

Kolon yüksekliği ifadesi aşağıdaki adımlarla hesaplanır.

Hesaplamaların y değerleri üzerinden yapıldığı durumda (2.7) eşitliğinin ilgili kısmı (2.11) de görülmektedir.

$$N_A = \frac{k'_y}{(1-y_A)_{iM}}(y_{AG} - y_{Ai}) \tag{2.11}$$

(2.4) ve (2.11) ifadeleri birleştirildiğinde, (2.12)' de verilen diferansiyel ifade elde edilir.

$$N_A dA = \frac{k'_y a}{(1-y_A)_{iM}}(y_{AG} - y_{Ai}) S dz \tag{2.12}$$

Şekil 2.3 'te gösterilen dz diferansiyel aralığı boyunca, gaz fazı terkeden A komponenti miktarı sıvı faza geçen miktara eşit olacağından dolayı,

$$d(Vy) = d(Lx) \tag{2.13}$$

olacaktır. Aynı zamanda $N_A dA$ ifadesi de fazlar arasında transfer olan miktarı verdiği için,

$$N_A dA = d(Vy) \tag{2.14}$$

elde edilir. (2.12) eşitliği kullanılarak (2.15) 'e ulaşılır.

$$d(Vy_{AG}) = \frac{k'_y a}{(1-y_A)_{iM}}(y_{AG} - y_{Ai})Sdz \tag{2.15}$$

İnert gaz miktarı;

$$V' = V(1-y_{AG}) \tag{2.16}$$

olduğundan, (2.15) eşitliğinin sol tarafı aşağıdaki gibi olur (2.17).

$$d(Vy_{AG}) = d\left(\frac{V'}{(1-y_{AG})}y_{AG}\right) = V'd\left(\frac{y_{AG}}{1-y_{AG}}\right) = \frac{V'dy_{AG}}{(1-y_{AG})^2} \tag{2.17}$$

(2.15) eşitliği (2.16) ile birleştirilerek tekrar düzenlenecek olursa,

$$\frac{Vdy_{AG}}{1-y_{AG}} = \frac{k'_y a}{(1-y_A)_{iM}}(y_{AG} - y_{Ai})Sdz \tag{2.18}$$

elde edilir ve (2.18) eşitliği düzenlenip her iki tarafın integrali alındığında kolon yüksekliği eşitliği (2.19) 'e ulaşılır.

$$\int_0^z dz = z = \int_{y_2}^{y_1} \frac{Vdy}{\frac{k'_y aS}{(1-y)_{iM}}(1-y)(y-y_i)} \tag{2.19}$$

Burada y'ye karşı integral içi ifade grafiğe alınırsa, grafik altında kalan alan kolon yüksekliğini verir (Geankoplis, 1977).

### 2.1.1.3. Toplam kütle aktarım katsayıları kullanılarak yapılan tasarım

Film tipi kütle iletim katsayıları kullanıldığı durumda ara yüzey konsantrasyonları $x_{Ai}$ ve $y_{Ai}$ 'yi bulmak için eğimler kullanılırken, tüm kütle iletimi katsayısının kullanıldığı durumda itici gücü belirleyen x* ve y* denge eğrisi üzerinde olup denge değerlerini temsil ederler.

$K'_y a$ toplam kütle iletim katsayısı değeri direkt verilebilir veya verilen $k'_x a$ ve $k'_y a$ değerlerinden aşağıdaki gibi hesaplanarak bulunur.

$$\frac{1}{K'_y a/(1-y)_{*M}} = \frac{1}{k'_y a/(1-y)_{iM}} + \frac{m'}{k'_x a/(1-x)_{iM}} \tag{2.20}$$

$$m' = \frac{y_{Ai} - y_{A*}}{x_{Ai} - x_{AI.}} \tag{2.21}$$

$$(1-y_A)_{*M} = \frac{(1-y_{A*}) - (1-y_{AG})}{\ln\left(\frac{1-y_{A*}}{1-y_{AG}}\right)} \tag{2.22}$$

Kolon yüksekliği ifadesi, 2.1.1.2 bölümünde izlenen prosedür sırasıyla uygulanarak aşağıdaki eşitlik ile verilir (2.23).

$$\int_0^z dz = z = \int_{y_2}^{y_1} \frac{Vdy}{\frac{K'_y aS}{(1-y)_{*M}}(1-y)(y-y_*)} \tag{2.23}$$

### 2.1.1.4. Transfer üniteleri kullanılarak yapılan tasarım

Bu yöntemde, $H_G$ değeri gaz fazı kütle aktarım ünitesi yüksekliği (m) ve $N_G$ değeri kütle aktarım ünitesi sayısı kullanılır. Kolon yüksekliği ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$z = H_G \int_{y_2}^{y_1} \frac{(1-y)_{iM}\, dy}{(1-y)(y-y_i)} \tag{2.24}$$

$H_G$ değeri ifadesi (2.25) eşitliğinde verilmiştir.

$$H_G = \frac{V}{k'_y aS} \tag{2.25}$$

Çoğu zaman $H_G$ değeri, kolon tabanı ve tavanı için ayrı ayrı hesaplanarak ortalaması alınır.

$$N_G = \int_{y_2}^{y_1} \frac{(1-y)_{iM}\, dy}{(1-y)(y-y_i)} \tag{2.26}$$

%10 konsantrasyonun altındaki seyreltik sistemlerde (2.26) eşitliğinde integral içinde bulunan $\frac{(1-y)_{iM}}{(1-y)}$ ifadesi sabit kabul edilip integral dışına alınabilir. Böylece kolon yüksekliği ifadesi aşağıdaki son şeklini alır (Ekinci, 1987)

.

$$z = H_G N_G = H_G \left[ \frac{(1-y)_{iM}}{1-y} \right]_{ort} \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{(y-y_i)} \tag{2.27}$$

### 2.1.2. Eşit Molar Zıt Difüzyon Durumu ($N_B$=-$N_A$)

#### 2.1.2.1. Operasyon eğrisinin oluşturulması

Bu durum A ve B maddesinin gaz ve sıvı içerinde eşit molar zıt yönlü difüzyonudur. Örnek olarak benzen (B) ve toluenin (A) distilasyonu verilebilir. Benzen ve toluenin gizli ısıları aynı kabul edildiğinde, eğer gazdan sıvıya 1 mol A difüze oluyorsa, aksi yönde de 1 mol B gaz fazına geçer. Gaz ve sıvı akımları kolon boyunca sabittir. Genel kütle dengesi şu şekildedir:

$$L_2x_2 + V_1y_1 = L_1x_1 + V_2y_2 \quad (2.28)$$

Kolonun herhangibir bölgesinde ise,

$$Lx + V_1y_1 = L_1x_1 + Vy \quad (2.29)$$

#### 2.1.2.2. Film tipi kütle aktarım katsayıları kullanılarak yapılan tasarım

Burada P yığın faz konsantrasyonunu ($y_{AG}$;$x_{AL}$), M ise arayüzey konsantrasyonunu ($y_{Ai}$: $x_{Ai}$) temsil eder.

PM doğrusu eğimi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$N_A = k'_y(y_{AG}-y_{Ai}) = k'_x(x_{Ai}-x_{AL}) \quad (2.30)$$

Buradan eğim;

$$\frac{k'_x}{k'_y} = \frac{y_{AG}-y_{Ai}}{x_{AL}-x_{Ai}} \quad (2.31)$$

Eşit molar zıt difüzyon için kolon yüksekliği ifadesi , 2.1.1.2 bölümünde izlenen prosedür sırasıyla uygulanarak aşağıdaki eşitlik ele geçer (2.32). Kolon boyunca gaz fazdan sıvı faza kütle aktarım miktarı değişmediğinden V değeri sabit olup integral dışına alınmıştır.

$$\int_0^z dz = z = \int_{y_2}^{y_1} \frac{V dy}{k'_y aS(y - y_i)} = \frac{V}{S} \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{k'_y a(y - y_i)} \tag{2.32}$$

### 2.1.2.3. Toplam kütle aktarım katsayıları kullanılarak yapılan tasarım

$K'_y a$ toplam kütle iletim katsayısı değeri direkt verilebilir veya verilen $k'_x a$ ve $k'_y a$ değerlerinden aşağıdaki gibi hesaplanarak bulunur.

$$\frac{1}{K'_y a} = \frac{1}{k'_y a} + \frac{m'}{k'_x a} \tag{2.33}$$

Kolon yüksekliği ifadesi ise; 2.1.1.3 bölümünde izlenen prosedür sırasıyla uygulanarak aşağıdaki eşitlik ile verilir (2.34).

$$\int_0^z dz = z = \int_{y_2}^{y_1} \frac{V dy}{K'_y aS(y - y_*)} = \frac{V}{S} \int_{y_1}^{y_2} \frac{dy}{K'_y a(y - y_*)} \tag{2.34}$$

### 2.1.2.4. Transfer üniteleri kullanılarak yapılan tasarım

Bu yöntemde, $H_G$ değeri gaz fazı kütle aktarım ünitesi yüksekliği (m) ve $N_G$ değeri kütle aktarım ünitesi sayısı kullanılır. Kolon yüksekliği ifadesi, 2.1.1.4 bölümündeki prosedüre göre aşağıdaki şekli alır (Geankoplis, 1977).

$$z = H_G N_G = \frac{V}{k'_y aS} \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y_i} \tag{2.35}$$

### 2.1.3. Genel Durum ($N_B$=-F.$N_A$)

#### 2.1.3.1. Operasyon eğrisinin oluşturulması

Bu durum her iki komponentin belirli oranda difüze olmasıdır. Örnek olarak yine benzen (B) ve bütanın (A) distilasyonu verilebilir. Benzenin gizli ısısının bütanınkinden 1.6 kat fazla olduğu düşünülürse, $N_B$=-1.6x$N_A$ hali sözkonusudur. Bu durumda operasyon eğrisini karakterize etmek için aşağıdaki eşitlikler kullanılır.

$$V_1y_1 - V_2y_2 = N_A(A) \tag{2.36}$$

$$V_1(1-y_1) - V_2(1-y_2) = -F.N_A(A) \tag{2.37}$$

A: Aktif yüzey alanı ($m^2$) dır. Kolon boyunca kütle ve komponent dengesi kurulduğunda;

$$L_2 + V_1 = L_1 + V_2 \tag{2.38}$$

$$L_2x_2 + V_1y_1 = L_1x_1 + V_2y_2 \tag{2.39}$$

#### 2.1.3.1. Film tipi kütle aktarım katsayıları kullanılarak yapılan tasarım

Burada P yığın faz konsantrasyonunu ($y_{AG}$;$x_{AL}$), M ise arayüzey konsantrasyonunu ($y_{Ai}$; $x_{Ai}$) temsil eder.

PM doğrusu eğimi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$N_A = \frac{k'_y}{\varphi_{iy}}(y_{AG} - y_{Ai}) = \frac{k'_x}{\varphi_{ix}}(x_{Ai} - x_{AL}) \tag{2.40}$$

$$\varphi_{iy} = \frac{[N_A/(N_A+N_B) - y_{Ai}] - [N_A/(N_A+N_B) - y_{AG}]}{\frac{N_A}{N_A+N_B}\ln\left[\frac{N_A/(N_A+N_B) - y_{Ai}}{N_A/(N_A+N_B) - y_{AG}}\right]} \tag{2.41}$$

$$\varphi_{ix} = \frac{\left[N_A/(N_A+N_B) - x_{AL}\right] - \left[N_A/(N_A+N_B) - x_{Ai}\right]}{\frac{N_A}{N_A+N_B}\ln\left[\frac{N_A/(N_A+N_B) - x_{AL}}{N_A/(N_A+N_B) - x_{Ai}}\right]} \tag{2.42}$$

$$\frac{-k'_x/\varphi_{ix}}{k'_y/\varphi_{iy}} = \frac{y_{AG} - y_{Ai}}{x_{AL} - x_{Ai}} \tag{2.43}$$

Kolon yüksekliği ifadesi 2.1.1.2 bölümünde izlenen prosedür sırasıyla uygulanarak aşağıdaki eşitlik ile verilir (2.44).

$$\int_0^z dz = z = \int_{y_2}^{y_1} \frac{V dy}{\frac{k'_y a S}{\varphi_{iy}}(1-y)(y-y_i)} \tag{2.44}$$

### 2.1.3.3. Toplam kütle aktarım katsayıları kullanılarak yapılan tasarım

$K'_y a$ toplam kütle iletim katsayısı değeri direkt verilebilir veya verilen $k'_x a$ ve $k'_y a$ değerlerinden aşağıdaki gibi hesaplanarak bulunur.

$$\frac{1}{K'_y a/\varphi_{*M}} = \frac{1}{k'_y a/\varphi_{iy}} + \frac{m'}{k'_x a/\varphi_{ix}} \tag{2.45}$$

$$\varphi_{*M} = \frac{\left[N_A/(N_A+N_B) - y_{A*}\right] - \left[N_A/(N_A+N_B) - y_{AG}\right]}{\frac{N_A}{N_A+N_B}\ln\left[\frac{N_A/(N_A+N_B) - y_{A*}}{N_A/(N_A+N_B) - y_{AG}}\right]} \tag{2.46}$$

Kolon yüksekliği ifadesi ise; 2.1.1.3 bölümünde izlenen prosedür sırasıyla uygulanarak aşağıdaki eşitlik ile verilir (2.47).

$$\int_0^z dz = z = \int_{y_2}^{y_1} \frac{V dy}{\frac{K'_y aS}{\varphi_{*M}}(1-y)(y-y_*)} \tag{2.47}$$

### 2.1.3.4. Transfer üniteleri kullanılarak yapılan tasarım

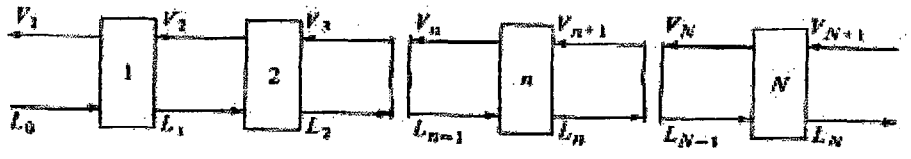
Bu yöntemde, $H_G$ değeri gaz fazı kütle aktarım ünitesi yüksekliği (m) ve $N_G$ değeri kütle aktarım ünitesi sayısı kullanılır. Kolon yüksekliği ifadesi, 2.1.1.4 bölümündeki prosedüre göre aşağıdaki şekli alır (Geankoplis, 1977).

$$z = H_G N_G = \frac{V}{k'_y aS} \int_{y_2}^{y_1} \frac{\varphi_{iM} dy}{(1-y)(y-y_i)} \tag{2.48}$$

## 2.2. Raflı Kolon Tasarımı

### 2.2.1. Operasyon eğrisinin oluşturulması ve grafik çözüm

Karşıt akımlı prosesler için raflı kolon akış şeması şekildeki gibidir.




Şekil 2.7 Karşıt akımlı raflı kolon akış şeması

Burada beslenen yıkama sıvısı $L_0$ , beslenen gaz $V_{N+1}$ ile, çıkan akımlar ise $L_N$ ve $V_1$ ile gösterilir. Birimleri mol/h veya türevleridir.

Toplam kütle dengesi,

$$L_0 + V_{N+1} = L_N + V_1 = M \tag{2.49}$$

Komponent dengesi,

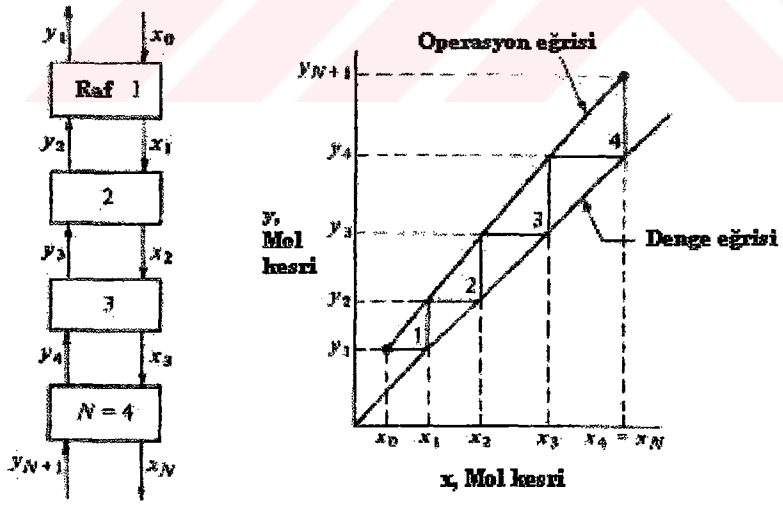
$$L_0x_0 + V_{N+1}y_{N+1} = L_Nx_N + V_1y_1 = Mx_M \quad (2.50)$$

n adet raf için denge ifadesi,

$$L_0x_0 + V_{n+1}y_{n+1} = L_nx_n + V_1y_1 \quad (2.51)$$

$$y_{n+1} = \frac{L_n x_n}{V_{n+1}} + \frac{V_1 y_1 - L_0 x_0}{V_{n+1}} \quad (2.52)$$

Bulunan $y_{n+1}=f(x_n)$ ifadesi operasyon doğrusunu karakterize etmektedir. Bu ifade yardımıyla x-y grafiği üzerinde operasyon doğrusu çizilir. Bilinen denge değerleri yardımı ile denge eğrisi çizilir. Bu iki eğri çizildikten sonra Şekil 2.8 ' de görüldüğü gibi ($x_0$;$y_1$) noktasından başlayarak raflar çizilir. Operasyon doğrusu üzerinde $y_{n+1}$ değerine ulaşıldığında gerekli raf sayısı belirlenmiş olur (Geankoplis, 1983).




Şekil 2.8 Karşıt akımlı proseslerde raf sayısının grafik yardımıyla bulunuşu

### 2.2.2. Analitik çözüm

Kremser denklikleri kullanılarak da grafik çizmeden raf sayısı hesaplanabilir. Teorik raf sayısı ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$N = \frac{\log\left[\frac{y_{N+1} - mx_0}{y_1 - mx_0}\left(1 - \frac{1}{A_A}\right) + \frac{1}{A_A}\right]}{\log A_A} \qquad (2.53)$$

Burada N raf sayısı, $A_A$ absorbsiyon faktörü, m denge doğrusunun eğimidir.
Bu ifadenin nasıl çıkarıldığını inceleyelim.

$$L_0x_0 - V_1y_1 = L_nx_n - V_{n+1}y_{n+1} \qquad (2.54)$$

$$L_0x_0 - V_1y_1 = L_Nx_N - V_{N+1}y_{N+1} \qquad (2.55)$$

Yukarıda daha önce verilen iki eşitliğin sol tarafları aynı olduğundan dolayı;

$$L_nx_n - V_{n+1}y_{n+1} = L_Nx_N - V_{N+1}y_{N+1} \qquad (2.56)$$

$$L_n = L_N = L \ , \ V_{n+1} = V_{N+1} = V \qquad (2.57)$$

$$L(x_n - x_N) = V(y_{n+1} - y_{N+1}) \qquad (2.58)$$

elde edilir.

Denge eğrisi düz olduğundan dolayı $y_{n+1} = m\,x_{n+1}$ ve absorbsiyon faktörü $A_A = L/mV$ sabit değerini alır. Bu değerler (2.58) eşitliğinde yerine konululup gerekli işlemler yapıldığında (2.59) ifadesi elde edilir.

$$x_{n+1} - A_A x_n = \frac{y_{N+1}}{m} - A_A x_N \qquad (2.59)$$

Elde edilen (2.59) eşitliği sonlu farklar yöntemine göre çözüldüğünde, eşitliğin son hali aşağıdaki ifadeye ulaşılır (2.60).

$$\frac{y_{N+1}-y_1}{y_{N+1}-mx_0}=\frac{A_A^{N+1}-A_A}{A_A^{N+1}-1} \tag{2.60}$$

Buradan N değeri çekilecek olursa; başlangıçta verilen teorik raf sayısı ifadesine ulaşılmış olunur (Geankoplis, 1983).

$$N=\frac{\log\left[\frac{y_{N+1}-mx_0}{y_1-mx_0}\left(1-\frac{1}{A_A}\right)+\frac{1}{A_A}\right]}{\log A_A} \tag{2.61}$$

## 2.3. Sıyırma Kolonu Tasarımı

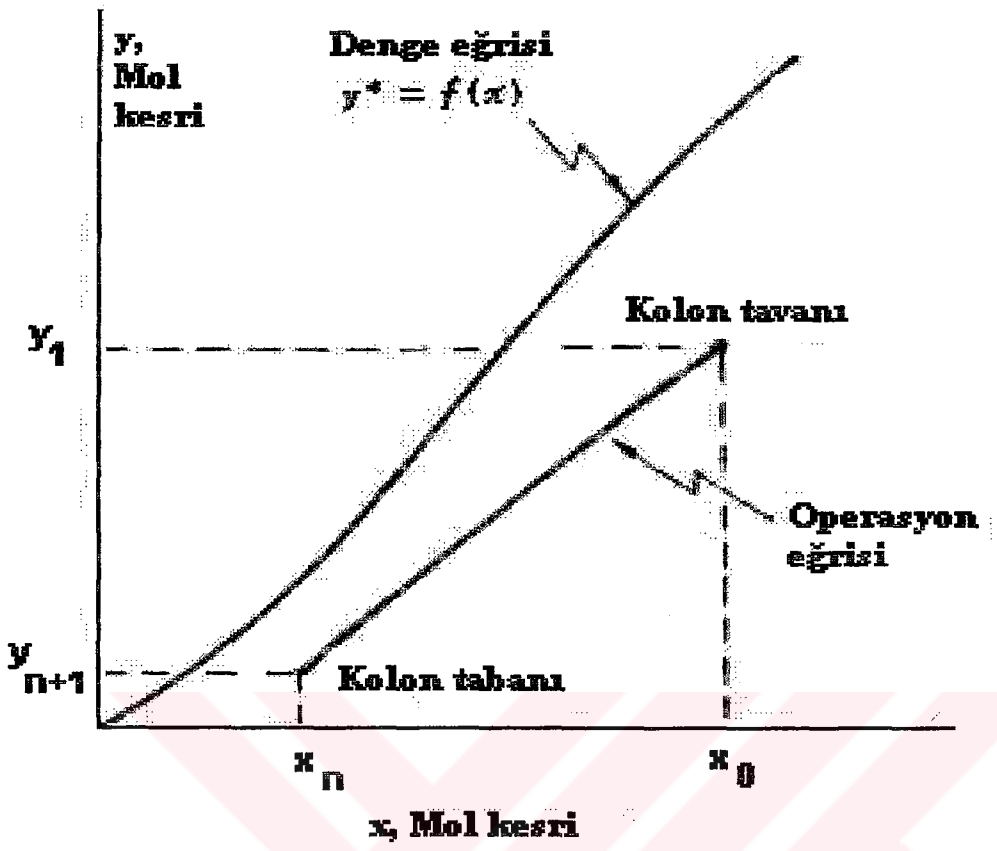
### 2.3.1. Operasyon eğrisinin oluşturulması ve grafik çözüm

Sıyırma işlemi desorbsiyon olarak da bilinir. Temel prensibi kütle aktarımının absorbsiyonda olduğu gibi gazdan sıvıya doğru değil sıvıdan gaza doğru oluşudur. Çözünen madde sıvı fazdan sıyrılarak gaz faza geçer. Bu işlemde şekilde görüldüğü gibi operasyon eğrisi denge eğrisinin alt kısmında kalır.

Kütle dengeleri raflı kolonda olduğu gibi kurulur.

$$y_1=\frac{L_0x_0}{V_1}+\frac{V_{n+1}y_{n+1}-L_nx_n}{V_1} \tag{2.62}$$

Bulunan $y_1=f(x_n)$ ifadesi operasyon doğrusunu karakterize etmektedir. Bu ifade yardımıyla x-y grafiği üzerinde operasyon doğrusu çizilir. Bilinen denge değerleri yardımı ile denge eğrisi çizilir. Bu iki eğri çizildikten sonra Şekil 2.9 ' de görüldüğü gibi ($x_0$;$y_1$) noktasından




Şekil 2.9 Denge ve operasyon eğrilerinin x-y grafiği üzerinde görünüşü

başlayarak raflar çizilir. Son çizgi $x_n$ değerinin altına indiğinde gerekli raf sayısı belirlenmiş olur.

### 2.3.2. Analitik çözüm

Raflı kolonda kullanılan Kremser denklikleri geçerlidir. Sadece N raf sayısını veren ifade aşağıdaki gibi değişir.

$$\frac{x_0 - x_N}{x_0 - (y_{N+1}/m)} = \frac{(1/A_A)^{N+1} - (1/A_A)}{(1/A_A)^{N+1} - 1} \qquad (2.63)$$

Absorbsiyon faktörü olarak bilinen $A_A$ değeri burada sıyırma faktörü ($S_A$) adını alır ve değeri $1/A_A$ 'ya eşittir.

Raf sayısı ifadesi ise;

$$N = \frac{\log\left[\frac{x_0 - (y_{N+1}/m)}{x_N - (y_{N+1}/m)}(1 - A_A) + A_A\right]}{\log(1/A_A)} \qquad (2.64)$$

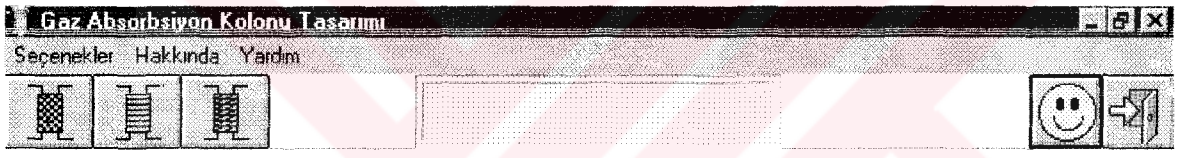
şeklinde oluşur (Geankoplis, 1983).

# 3. GASABSW 1.0 PROGRAMININ KULLANIMI

Bu program üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar gaz absobsiyonu işleminin yapıldığı dolgulu kolon, raflı kolon ve sıyırma kolonu tasarımlarıdır. Program Visual Basic 3.0 dilinde derlenmiş olup, WINDOWS' un 3.1, 95 ve daha üst sürümlerinde çalışmaktadır.

## 3.1. "START.FRM" Formu

Bu form (Şekil 3.1) program çalıştırıldığında ekrana ilk gelen formdur. Kullanıcı bu form vasıtasıyla sol tarafta bulunan 3 ayrı bütondan birini klikleyerek dolgulu, raflı veya sıyırma kolonu seçeneklerinden birine karar vermelidir. Bu seçim aynı zamanda bütonların üzerinde bulunan menüdeki "Seçenekler" kullanılarak da yapılabilir.




Şekil 3.1 Kolon seçenekleri formu (START.FRM)

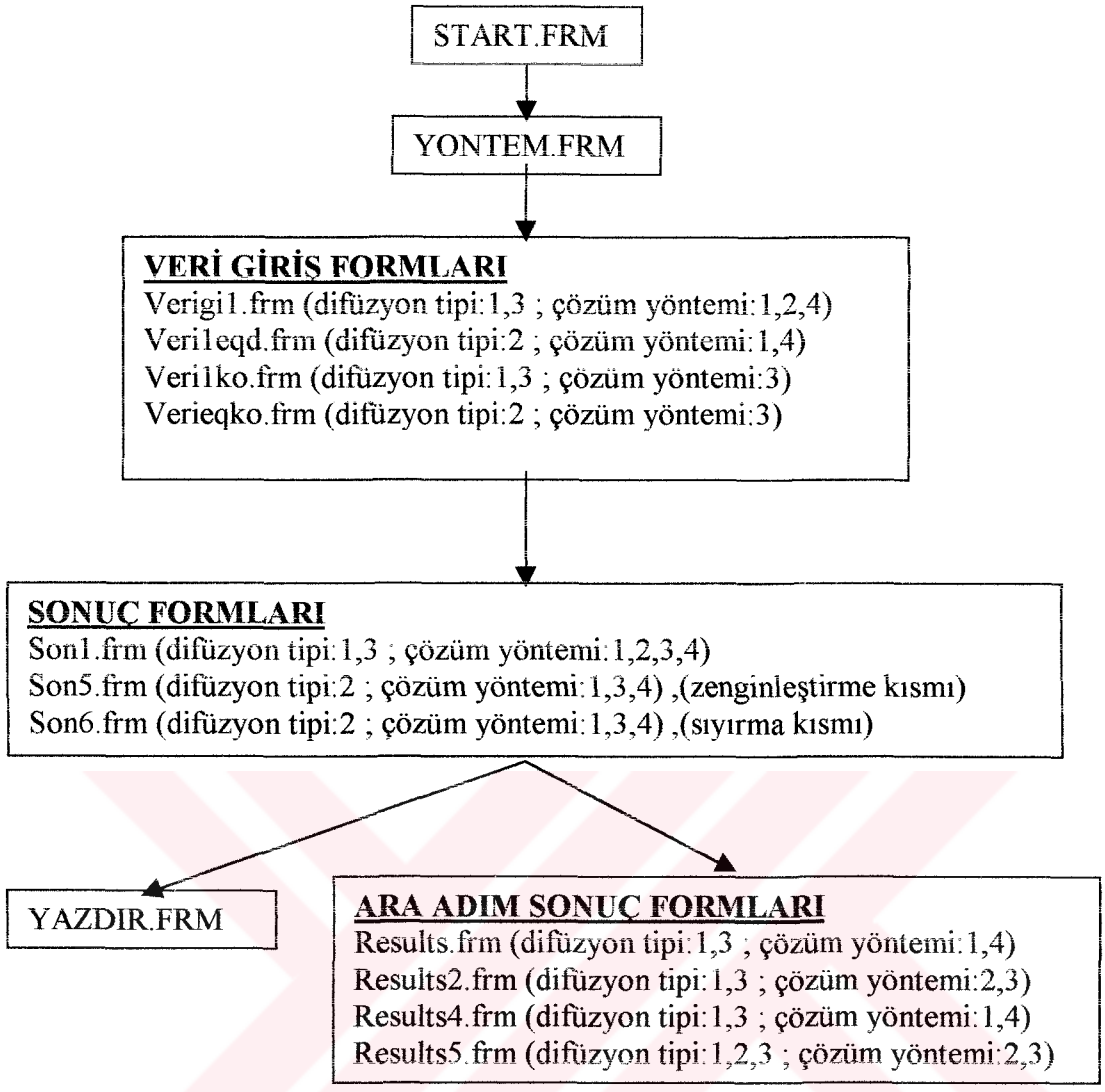
## 3.2. Dolgulu Kolon

START.FRM formunda "Dolgulu Kolon" seçimi yapıldığında, dolgulu kolon ile ilgili işlem sırası Şekil 3.2'de gösterilen biçimde oluşacaktır.

İlk olarak YONTEM.FRM formu ekrana gelecek ve kullanıcı bu formdaki difüzyon tipleri ve çözüm yöntemlerinden birini seçerek bir sonraki adıma geçecektir. YONTEM.FRM formu Şekil 3.3' de gösterilmiştir.

Şekil 3.3' de görüldüğü üzere 3 tip difüzyon mevcuttur. Bunlar:

1. $N_B=0$ , bir bileşenin durgun ve diğerinin hareketli olduğu durum.
2. $N_B=N_A$ , eşit molar zıt difüzyon.
3. $N_B= F. N_A$ , genel durum.

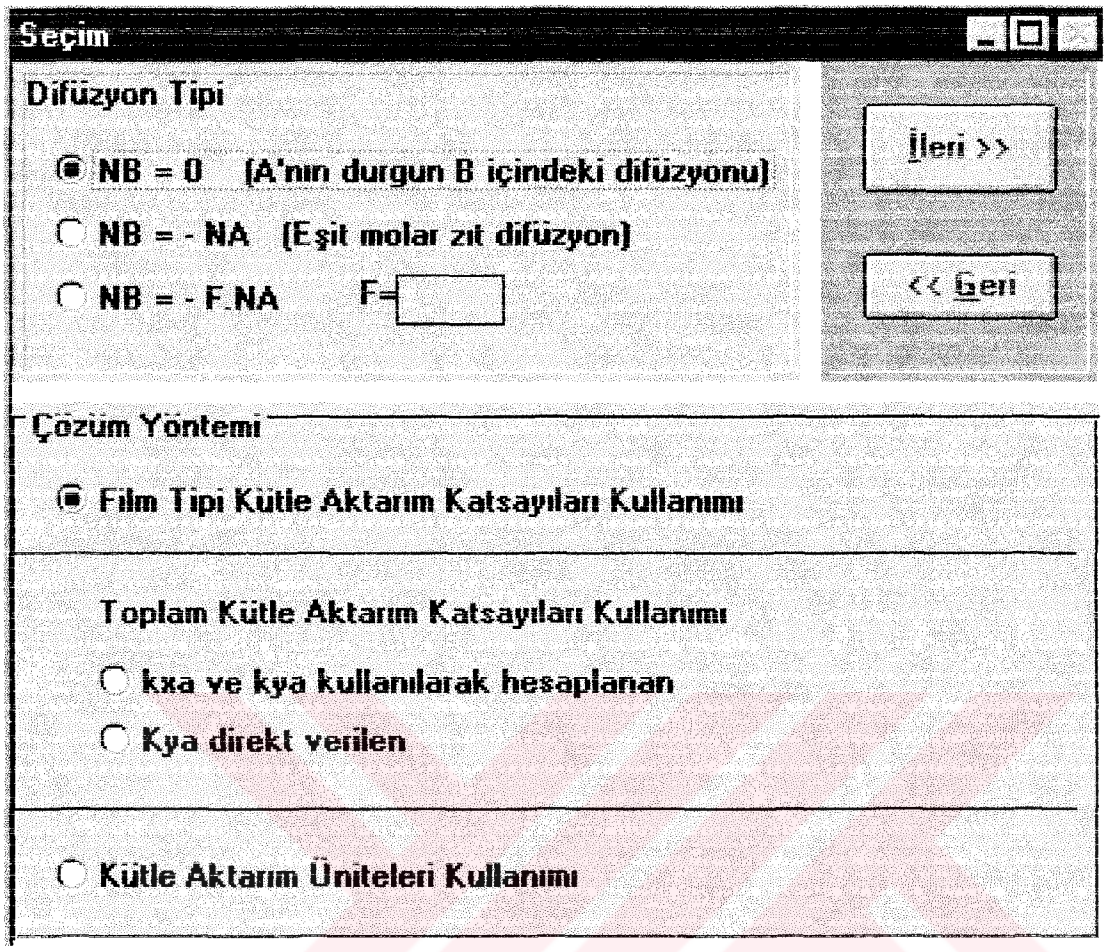



Şekil 3.2 Dolgulu kolon işlem sırası

Ayrıca 4 ayrı çözüm yöntemi mevcuttur. Bunlar:

1. Film tipi kütle iletim katsayıları ($k_x a$ ,$k_y a$) kullanılan yöntem.
2. Toplam kütle aktarım sayıları ($K_x a$, $K_y a$) kullanılan yöntem (kxa ve kya vasıtasıyla hesaplanan).
3. Toplam kütle aktarım sayıları ($K_x a$, $K_y a$) kullanılan yöntem (direkt verilen).
4. Aktarım üniteleri ($N_G$,$H_G$) kullanılan yöntem.

YONTEM.FRM formunda yapılan seçimlere göre bir sonraki adımda 4 adet veri giriş formundan hangisinin açılacağı belirlenir.




Şekil 3.3 Difüzyon tipi ve çözüm yöntemi seçim formu (YONTEM.FRM)

Aşağıdaki çizelgede seçilen difüzyon tipi ve çözüm yöntemine göre açılacak olan formların isimleri belirtilmiştir.

Çizelge 3.1 Difüzyon tipi ve çözüm yöntemine göre açılacak olan formların isimleri

| **Açılan Form** | **Veri dosyası uzantısı** | **Seçilen difüzyon tipi** | **Seçilen çözüm yöntemi** |
|---|---|---|---|
| VERIGI1.FRM | *.abs | 1,3 | 1,2,4 |
| VERI1EQD.FRM | *.eqd | 2 | 1,4 |
| VERI1KO.FRM | *.kbs | 1,3 | 3 |
| VERIEQKO.FRM | *.eqk | 2 | 3 |

Veri giriş formlarının genel özelliği, çözüm için gerekli olacak denge verileri, akış debileri, konsantrasyonlar, gibi değerlerin dosyadan okutulması veya elle girilmesidir. Şekil 3.4 'te VERIGI1.FRM formu örnek olarak gösterilmektedir. Formun menü çubuğunda bulunan "Dosya" seçeneği aşağıda belirtilen görevleri sağlamaktadır:

"Yeni" :Yeni bir veri giriş ekranı açar.

"Aç" :Önceden kaydedilmiş olan veri dosyasını çağırır.

"Kaydet" :Girilen verilerin bir dosyada saklanmasını sağlar.

"Farklı kaydet" :Verilerinde değişiklik yapılan dosyayı farklı bir isimde kaydeder.

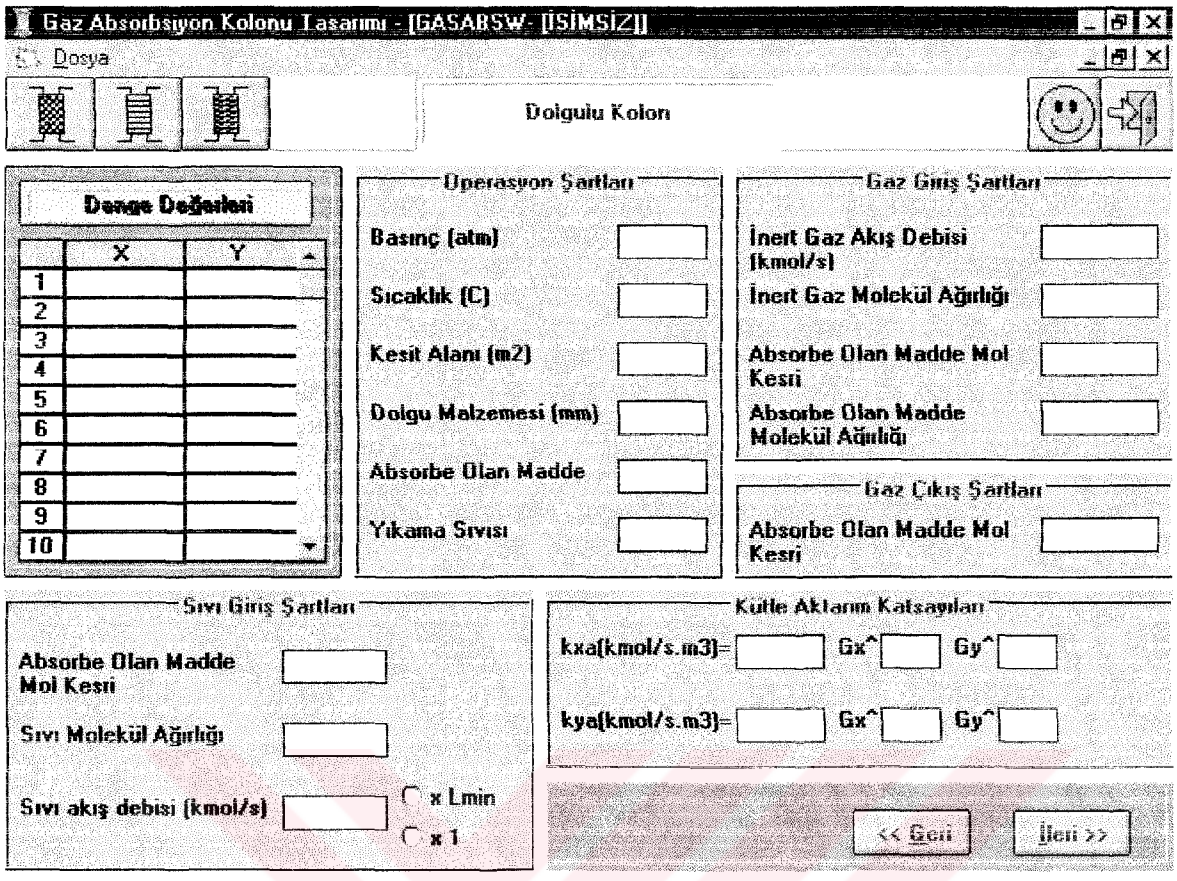
"Çıkış" :Başlangıç formu olan START.FRM formuna geri döner.

Herbir veri giriş formundaki, saklanacak veya çağrılacak veri dosyasının uzantısı farklıdır. Bunlar *.abs, *.kbs, *.eqd, *.eqk 'dır ve bir önceki YONTEM.FRM formundaki seçimlere göre belirlenir. Çizelge 3.1 'de hangi veri giriş formunda hangi doya uzantısı kullanılacağı belirtilmiştir.

Her veri giriş formunda girdilerin hepsi kontrol edilir, eksik veri veya uygun olmayan veri girişi olduğu durumlarda program kullanıcıyı uyarmaktadır. Ayrıca tüm verilerin dosya halinde saklanması ve istenildiğinde geri çağırılması mümkündür.

Veri giriş formundan sonra sonuç formu olarak adlandırılan form yüklenir. Sadece eşit molar zıt difüzyon için SON5.frm veya SON6.FRM formlarından birisi, diğer durumlarda ise SON1.FRM formu ekrana gelecektir.

Sonuç formları tüm hesap prosedürlerinin olduğu formlardır. Bu formlar kullanıcıya grafik, giriş-çıkış debileri ve konsantrasyonları, yaklaşım metodunda kullanılan adım sayısını ve bunlara bağlı olarak kolon yüksekliğini göstermektedir. Bu formlarda Simpson adım sayısını değiştirerek, grafikte ve kolon yüksekliğindeki değişmeler interaktif olarak gözlenebilir. Şekil 3.5'te SON1.FRM formu gösterilmektedir.

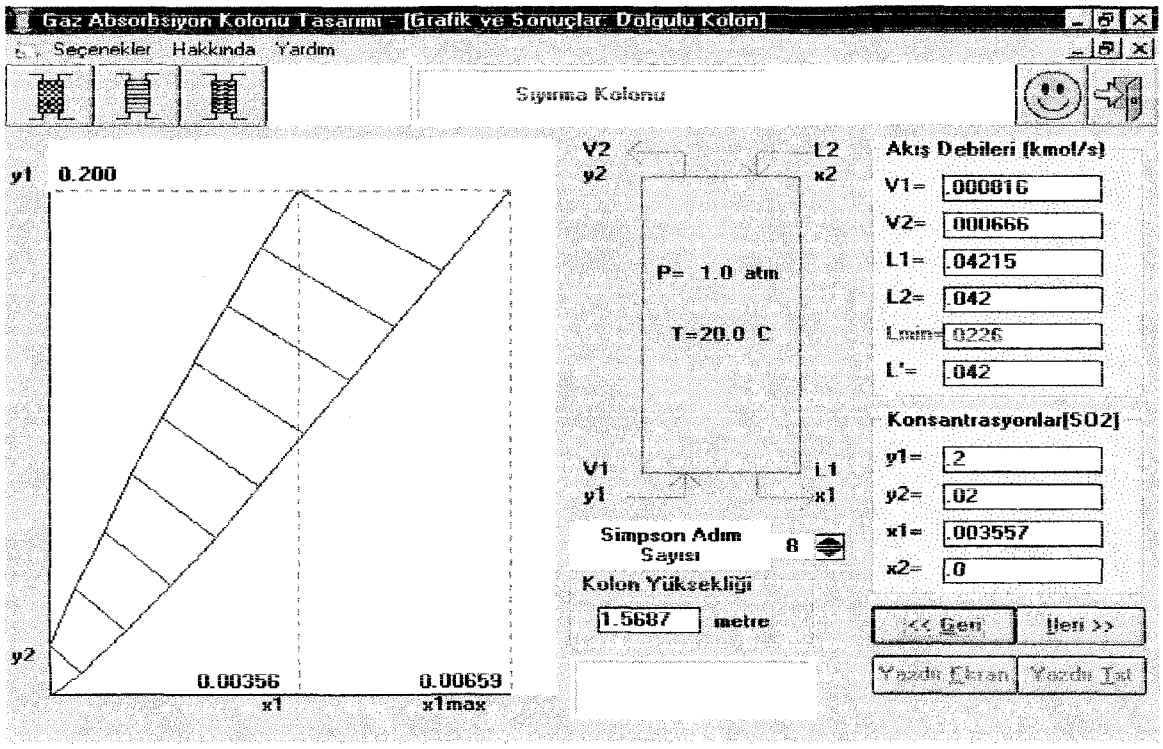



Şekil 3.4 Dolgulu kolon kısmı için veri giriş formu (VERIGI1.FRM)

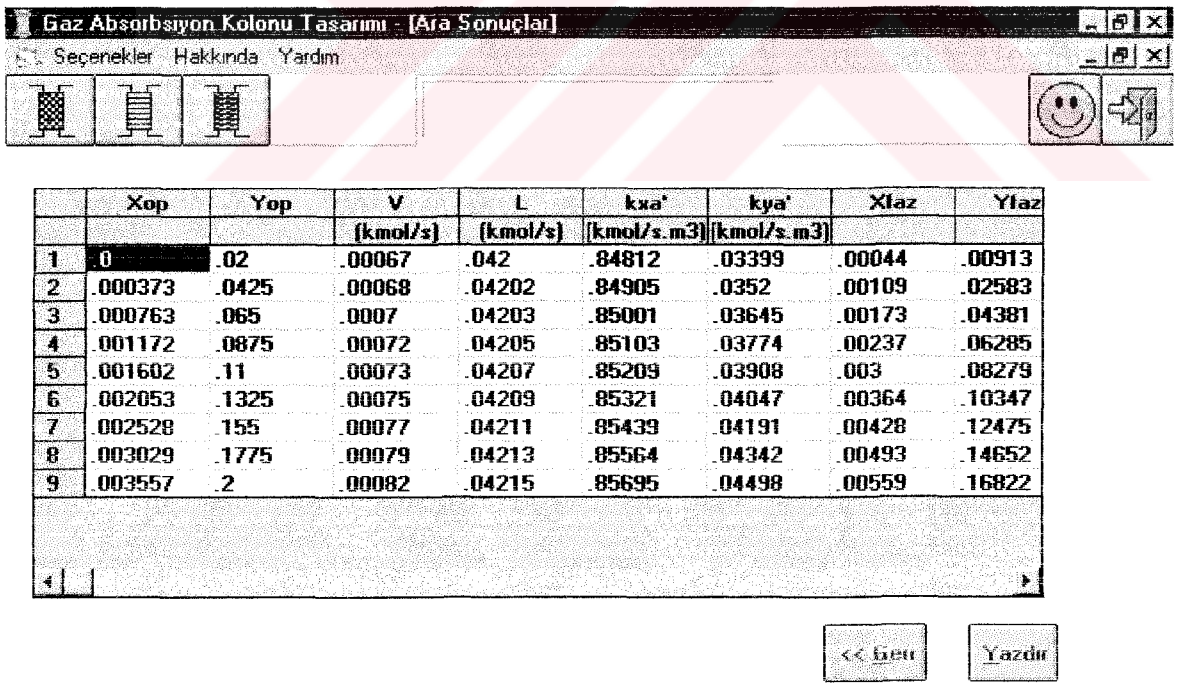
SON1.FRM formu üzerindeki "İleri" bütonuna basıldığında ekrana gelen form RESULTS.FRM formudur. Bu formda her bir Simpson adım aralığında hesaplanan değerleri içeren bir çizelge bulunur (Şekil 3.6).

SON1.FRM formu üzerindeki "Yazdır_Txt" bütonuna basıldığında ekrana gelen form YAZDIR.FRM formudur. Bu formda kaynak soru metni, bulunan sonuçlar ve grafik izlenmekte ve aynı zamanda "Yazdır_Ekran" bütonu vasıtasıyla yazıcıya gönderilebilmektedir.

SON1.FRM formu üzerindeki "Yazdır" bütonuna basıldığında ise, form göründüğü gibi yazıcıya gönderilir.




Şekil 3.5 Dolgulu kolon kısmı için çözüm formu (SON1.FRM)



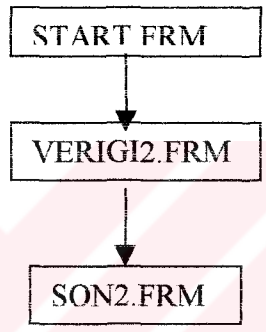

| | Xop | Yop | V (kmol/s) | L (kmol/s) | kxa' [kmol/s.m3] | kya' [kmol/s.m3] | Xlaz | Ylaz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | .0 | .02 | .00067 | .042 | .84812 | .03399 | .00044 | .00913 |
| 2 | .000373 | .0425 | .00068 | .04202 | .84905 | .0352 | .00109 | .02583 |
| 3 | .000763 | .065 | .0007 | .04203 | .85001 | .03645 | .00173 | .04381 |
| 4 | .001172 | .0875 | .00072 | .04205 | .85103 | .03774 | .00237 | .06285 |
| 5 | .001602 | .11 | .00073 | .04207 | .85209 | .03908 | .003 | .08279 |
| 6 | .002053 | .1325 | .00075 | .04209 | .85321 | .04047 | .00364 | .10347 |
| 7 | .002528 | .155 | .00077 | .04211 | .85439 | .04191 | .00428 | .12475 |
| 8 | .003029 | .1775 | .00079 | .04213 | .85564 | .04342 | .00493 | .14652 |
| 9 | .003557 | .2 | .00082 | .04215 | .85695 | .04498 | .00559 | .16822 |

Şekil 3.6 Dolgulu kolon kısmı için ara sonuç formu (RESULTS.FRM)

### 3.3. Raflı Kolon

START.FRM formunda "Raflı Kolon" seçimi yapıldığında, raflı kolon ile ilgili işlem sırası Şekil 3.7'de gösterilen biçimde oluşacaktır.

İlk olarak VERIGI2.FRM formu ekrana gelecektir. Bu formun özelliği, çözüm için gerekli olacak denge verileri, akış debileri, konsantrasyonlar, tepsi verimi gibi değerlerin dosyadan okutulması veya elle girilmesidir. Şekil 3.8 'de VERIGI2.FRM formu gösterilmektedir.




Şekil 3.7 Raflı kolon işlem sırası

Formun menü çubuğunda bulunan "Dosya" seçeneği aşağıda belirtilen görevleri sağlamaktadır:

"Yeni" : Yeni bir veri giriş ekranı açar.

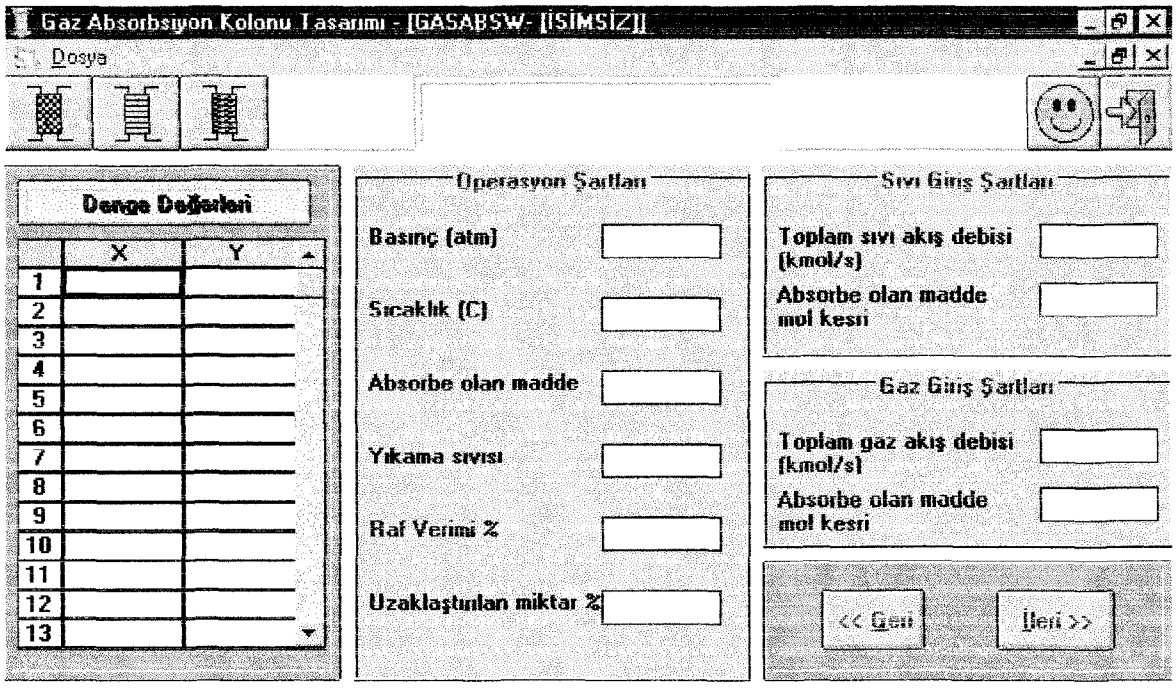
"Aç" :Önceden kaydedilmiş olan veri dosyasını çağırır.

"Kaydet" :Girilen verilerin bir dosyada saklanmasını sağlar.

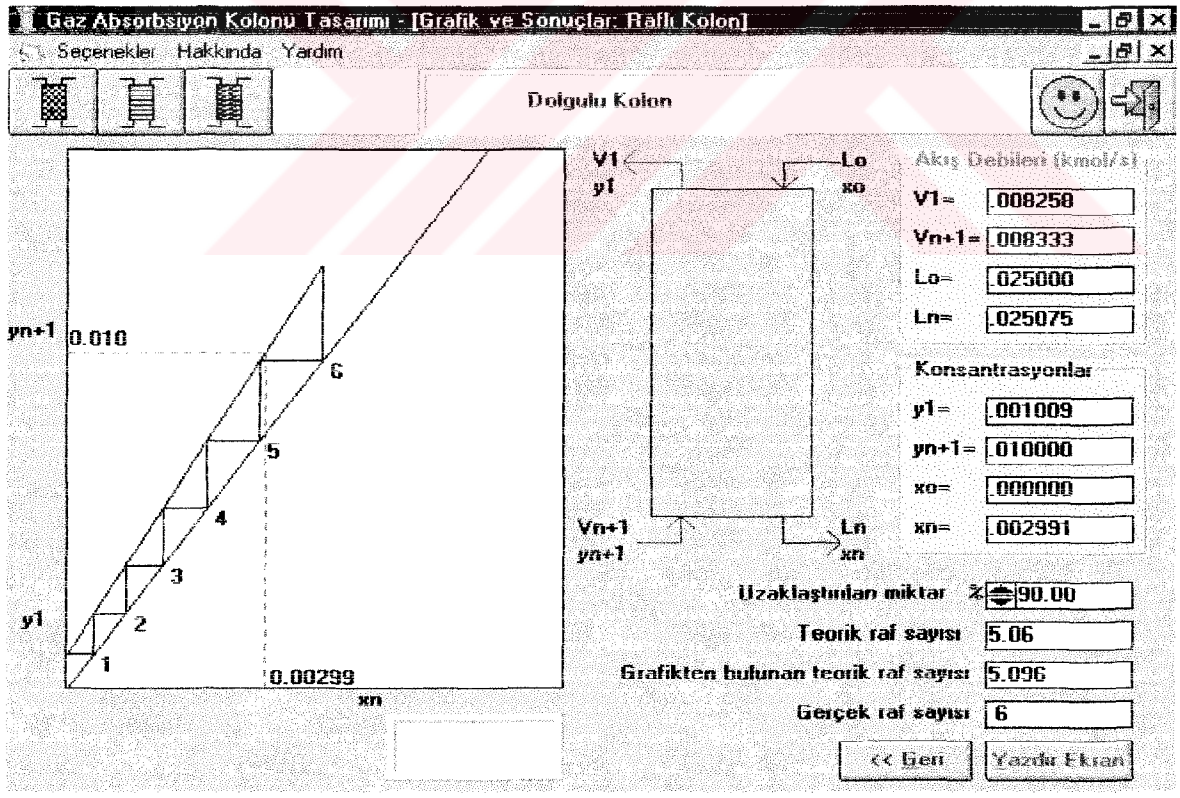
"Farklı kaydet" : Verilerinde değişiklik yapılan dosyayı farklı bir isimde kaydeder.

"Çıkış" :Başlangıç formu olan START.FRM formuna geri döner.

Veri giriş formundaki, saklanacak veya çağrılacak veri dosyasının uzantısı *.raf olarak belirlenmiştir.




Şekil 3.8 Raflı kolon kısmı için veri giriş formu (VERIGI2.FRM)

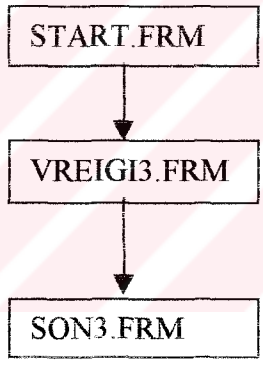



Şekil 3.9 Raflı kolon kısmı için çözüm formu (SON2.FRM)

Veri giriş formundan sonra sonuç formu olarak adlandırılan SON2.FRM formu ekrana gelecektir. Bu formun görünümü Şekil 3.9 'da verilmiştir. Bu form grafik ve sonuçları içermektedir. Raf sayısı, teorik hesaplamalar ile bulunan, grafikten bulunan ve gerçek raf sayısı olarak ekranda görülmektedir. Ayrıca "Uzaklaştırılan miktar %" uzaklaştırma yüzdesi değiştirilerek grafik ve raf sayısına etkisi interaktif olarak gözlenebilmektedir. "Yazdır_Ekran" bütonuna basıldığında, ekran göründüğü şekilde yazıcıya baskıya gönderilir.

### 3.4. Sıyırma Kolonu

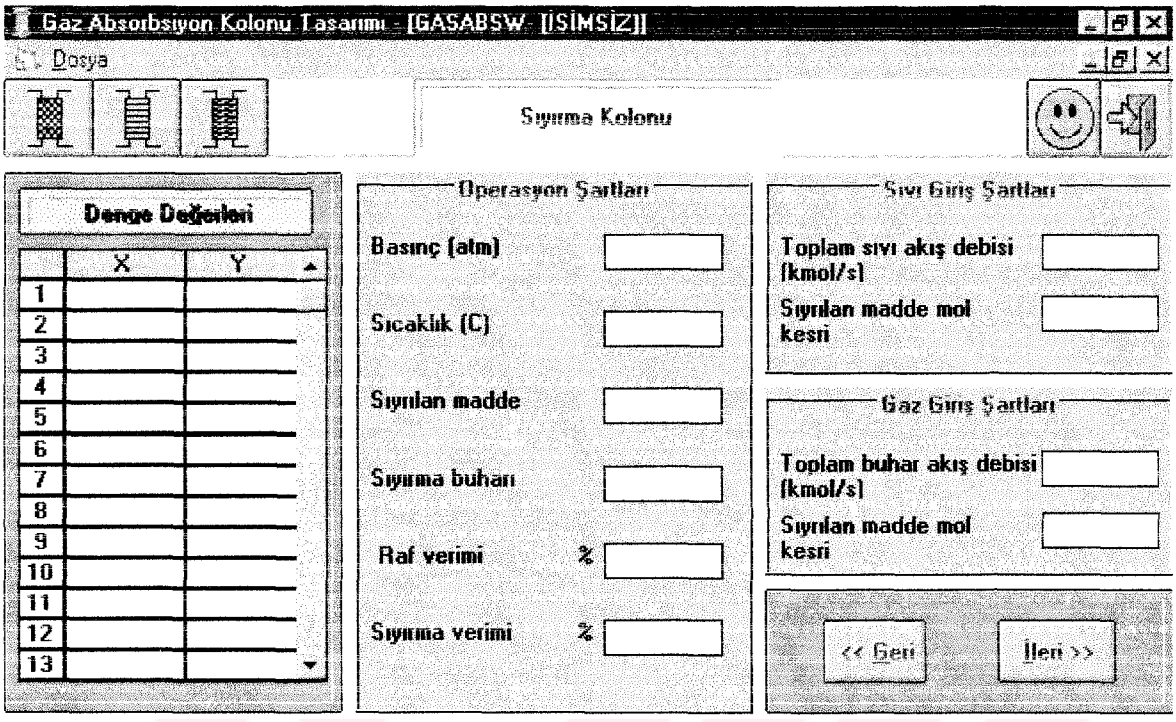
START.FRM formunda "Sıyırma Kolonu" seçimi yapıldığında, sıyırma kolonu ile ilgili işlem sırası Şekil 3.10'de gösterilen biçimde oluşacaktır.




Şekil 3.10 Sıyırma kolonu işlem sırası

İlk olarak VERIGI3.FRM formu ekrana gelecektir. Bu formun özelliği, çözüm için gerekli olacak denge verileri, akış debileri, konsantrasyonlar, tepsi verimi gibi değerlerin dosyadan okutulması veya elle girilmesidir. Şekil 3.11 'de VERIGI3.FRM formu gösterilmektedir.

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ




Şekil 3.11 Sıyırma kolonu kısmı için veri giriş formu (VERIGI3.FRM)

Formun menü çubuğunda bulunan "Dosya" seçeneği aşağıda belirtilen görevleri sağlamaktadır:

"Yeni" :Yeni bir veri giriş ekranı açar.

"Aç" :Önceden kaydedilmiş olan veri dosyasını çağırır.

"Kaydet" :Girilen verilerin bir dosyada saklanmasını sağlar.

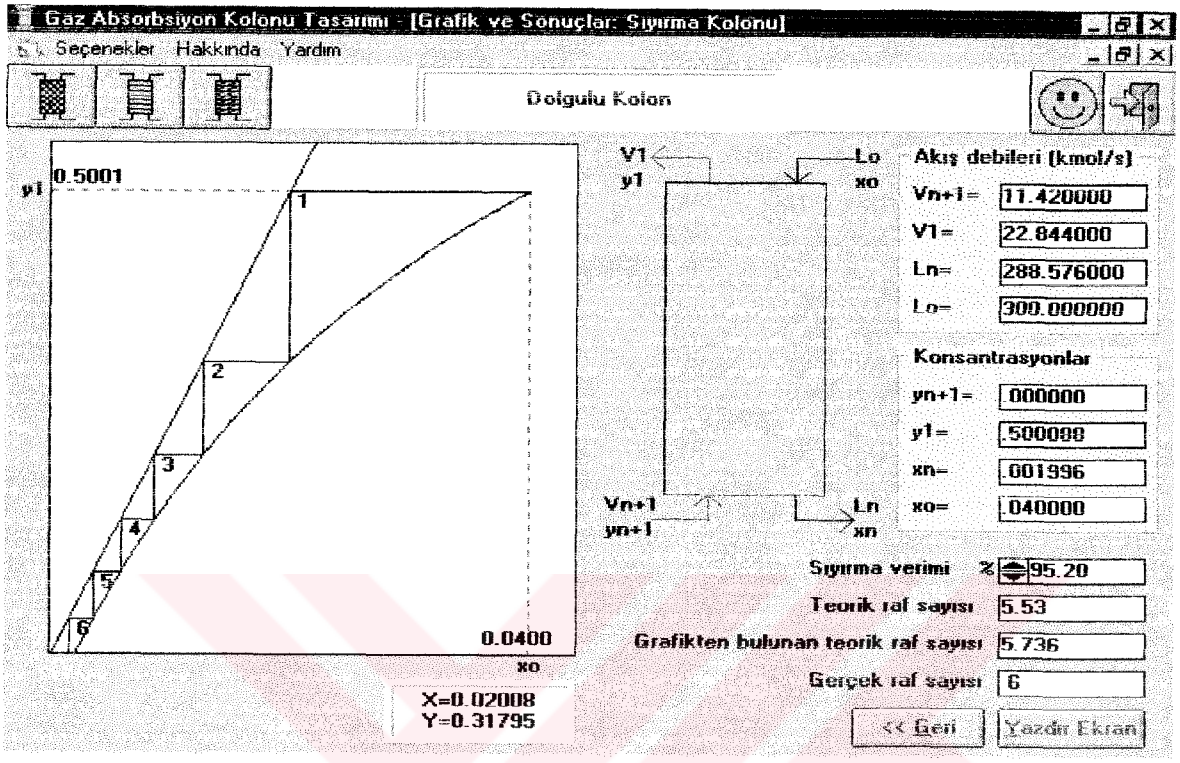
"Farklı kaydet" :Verilerinde değişiklik yapılan dosyayı farklı bir isimde kaydeder.

"Çıkış" :Başlangıç formu olan START.FRM formuna geri döner.

Veri giriş formundaki, saklanacak veya çağrılacak veri dosyasının uzantısı *.str olarak belirlenmiştir.

Veri giriş formundan sonra sonuç formu olarak adlandırılan SON3.FRM formu ekrana gelecektir. Bu formun görünümü Şekil 3.12 'da verilmiştir. Bu form grafik ve sonuçları içermektedir. Raf sayısı, teorik hesaplamalar ile bulunan, grafikten bulunan ve gerçek raf sayısı olarak ekranda görülmektedir. Ayrıca "Sıyırma verimi %" sıyırma verimi yüzdesi değiştirilerek grafik ve raf sayısına etkisi interaktif olarak gözlenebilmektedir.

"Yazdır_Ekran" bütonuna basıldığında, ekran göründüğü şekilde yazıcıya baskıya gönderilir.




Şekil 3.12 Sıyırma kolonu kısmı için çözüm formu (SON3.FRM)

## 4. GASABSW 1.0 PROGRAMI TANITIMI

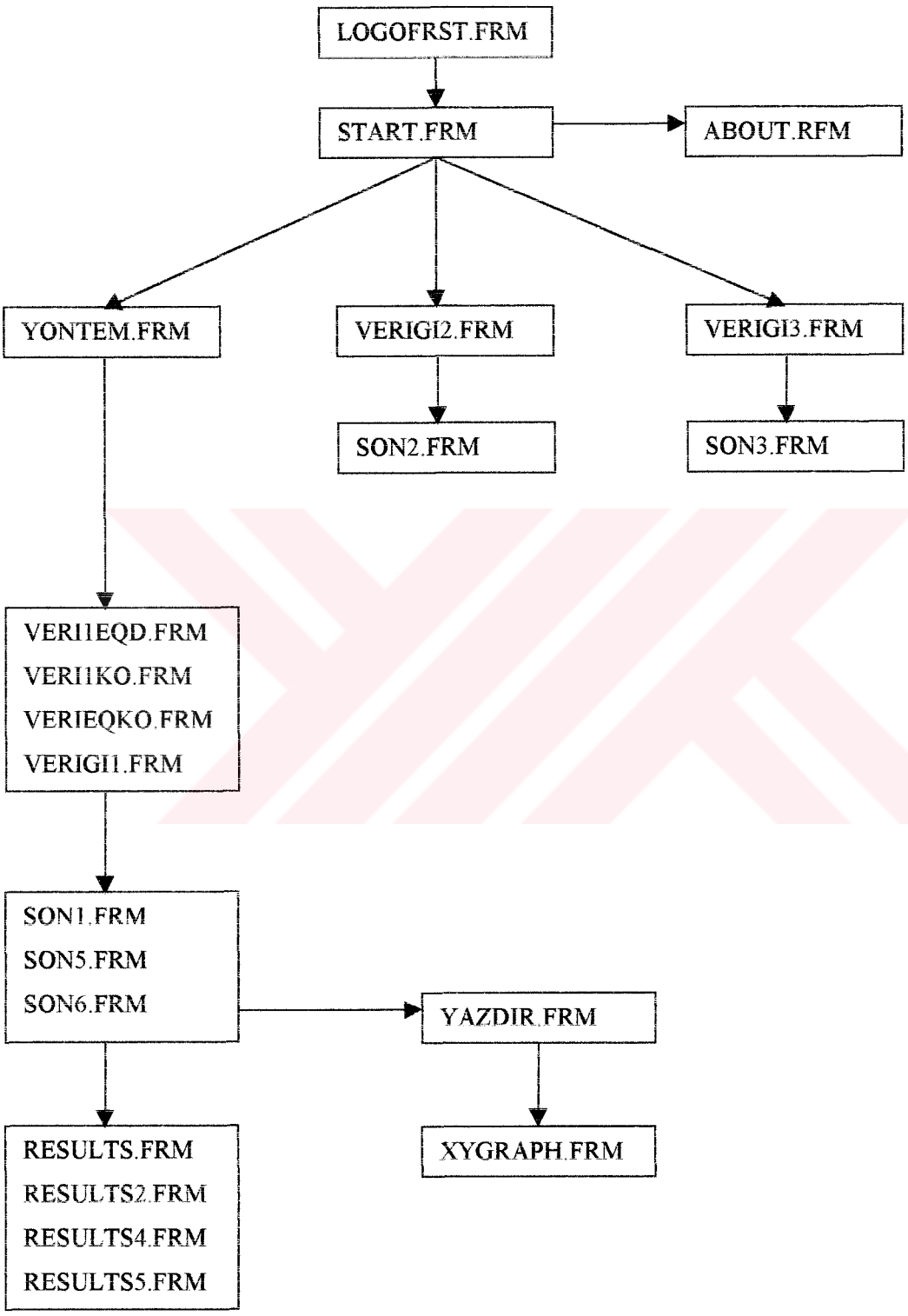
GASABSW 1.0 programı Visual Basic 3.0 programlama dilinde yazılmış ve derlenmiştir. Programda kullanılan kütüphanelerin(*.vbx) listesi aşağıdaki gibidir.

CMDIALOG.VBX : Dosya açma, kaydetme, yazdırma gibi işlemlerde kullanılır.
GRID.VBX : Satır ve sütunlardan oluşan hücreler yaratmak için kullanılır.
SPIN.VBX : Verilen bir değişkeni artırmak veya azaltmak için kullanılır.
THREED.VBX : 3 boyutlu düğmeler yaratmak için kullanılır.
TRUEGRID.VBX : Özel hücreler yaratmak için kullanılır.

Program 1 adet MDI (Multiple-Document Interface) form, 17 adet MDI forma bağlı alt form ve 3 adet normal form olak üzere toplam 21 formdan oluşmaktadır. Formların listesi aşağıdaki listede belirtilmiştir.

| MDI Form | Alt Form | Normal Form |
|---|---|---|
| START.FRM | RESULTS.FRM | ABOUT.FRM |
| | RESULTS2.FRM | LOGOFRST.FRM |
| | RESULTS4.FRM | XYGRAPH.FRM |
| | RESULTS5.FRM | |
| | SON1.FRM | |
| | SON2.FRM | |
| | SON3.FRM | |
| | SON5.FRM | |
| | SON6.FRM | |
| | VERI1EQD.FRM | |
| | VERI1KO.FRM | |
| | VERIEQKO.FRM | |
| | VERIGI1.FRM | |
| | VERIGI2.FRM | |
| | VERIGI3.FRM | |
| | YAZDIR.FRM | |
| | YONTEM.FRM | |

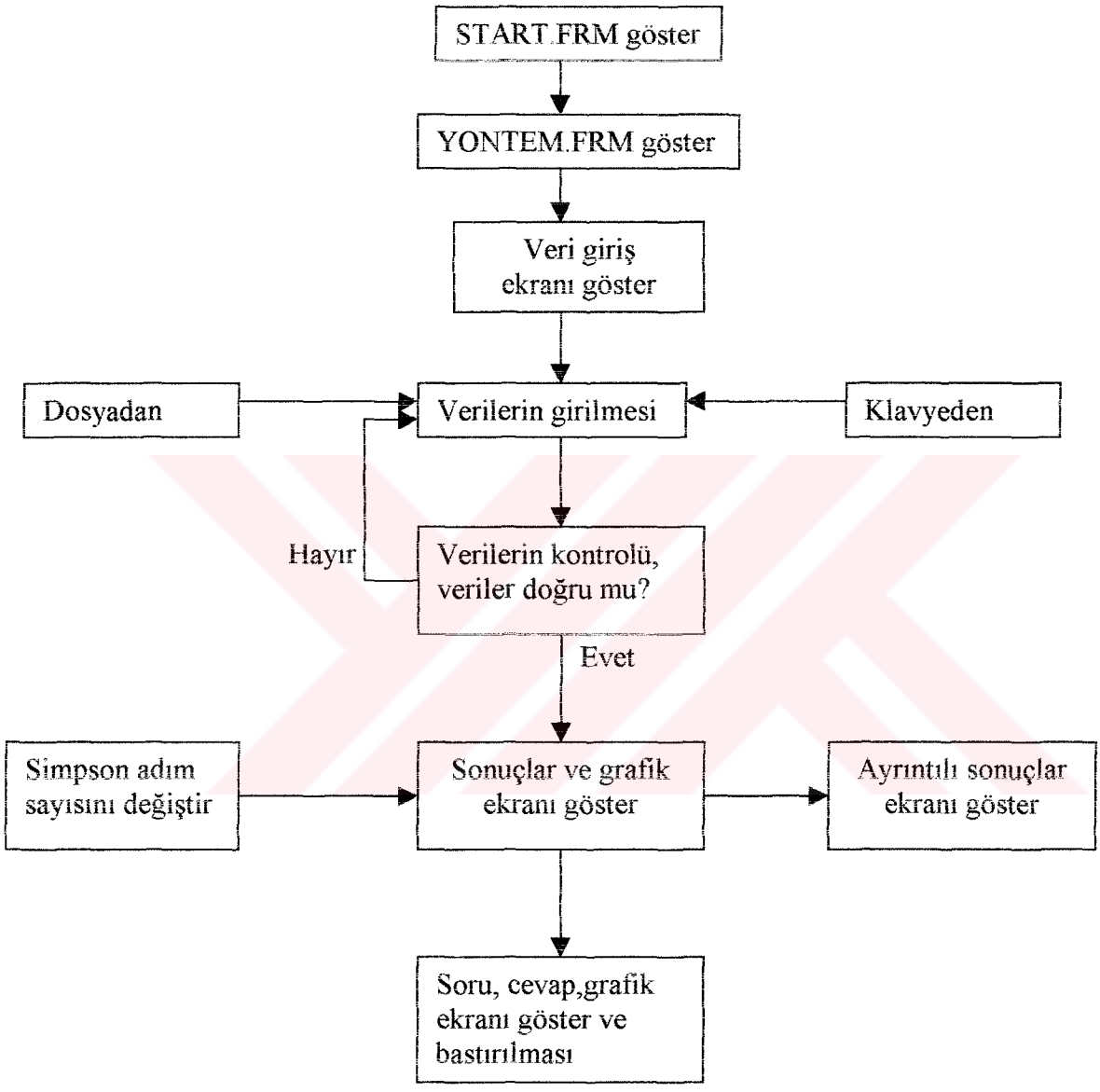
Formların açılış sırası Şekil 4.1' de gösterilmiştir.




Şekil 4.1 GASABSW 1.0 programı formları açılış sırası

### 4.1. Dolgulu Kolon Kısmı Algoritması

Dolgulu kolon yüksekliği hesaplamaları ile ilgili akış diagramı Şekil 4.2 'de verilmiştir.



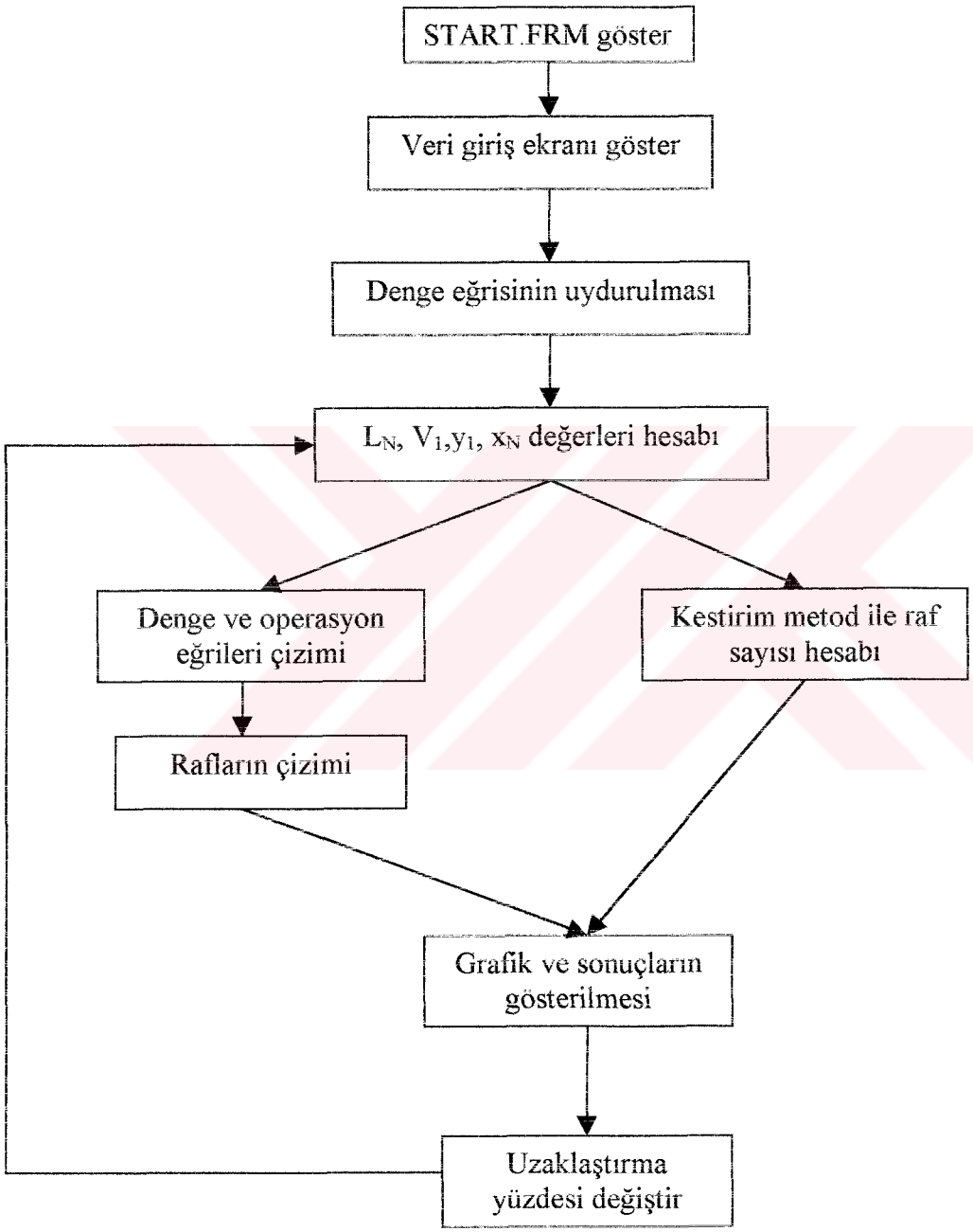

Şekil 4.2 Dolgulu kolon hesaplamaları kısmı genel akış diagramı

Dolgulu kolon yüksekliği ana hesap prosedürü, sonuçlar ve grafiğin gösterildiği formda yapılmaktadır. Hesaplama ile ilgili ana prosedürün diagramı Şekil 4.3' de gösterilmiştir.

Şekil 4.3 Dolgulu kolon yüksekliği ana hesap prosedürü algoritması

### 4.2. Raflı Kolon Kısmı Algoritması

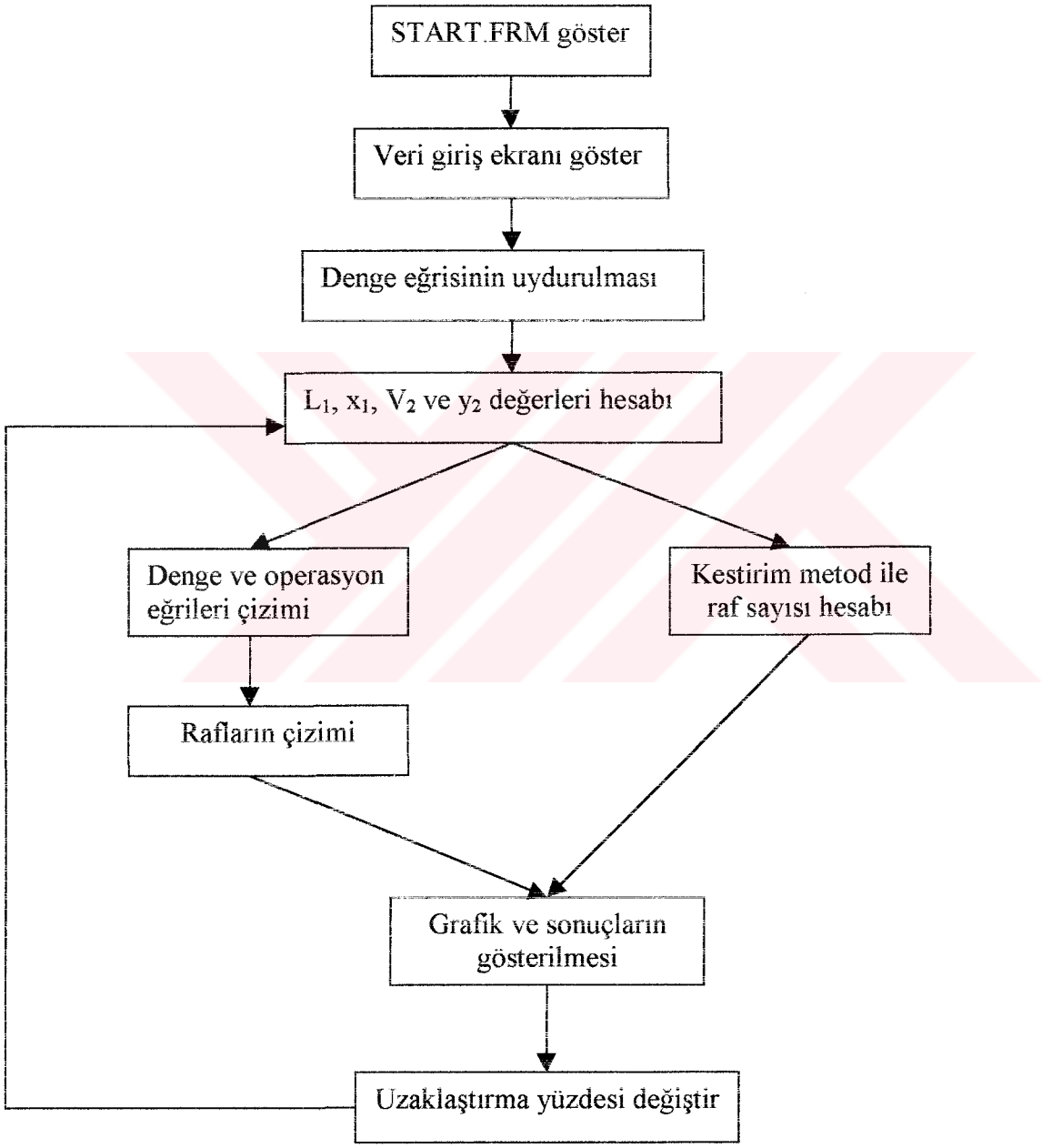
Raflı kolon hesaplamalarında hem grafik çözüm hem de kestirim metod kullanılarak raf sayısı hesabı yapılmıştır. İzlenen yol Şekil 4.4' te gösterilmiştir.




Şekil 4.4 Raflı kolon hesaplamaları kısmı genel akış diagramı

### 4.3. Sıyırma Kolonu Kısmı Algoritması

Sıyırma kolonu hesaplamalarında hem grafik çözüm hem de kestirim metod kullanılarak raf sayısı hesabı yapılmıştır. İzlenen yol Şekil 4.5' te gösterilmiştir.




Şekil 4.5 Sıyırma kolonu hesaplamaları kısmı genel akış diagramı

# 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde çeşitli kaynaklardan derlenen problemlerin sonuçları ile GASABSW_1.0 programı ile çözümleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca dolgulu kolon kısmı için daha önce yapılmış olan bir MATHCAD sonuçları da verilmiştir.

## 5.1 Dolgulu Kolon Tasarımı Uygulaması

### 5.1.1 Örnek1 (SO2DEN.ABS)

25.4mm seramik halkalarla doldurulmuş bir kulede hava-$SO_2$ karışımından $SO_2$'nin 20°C de ve 1 atm basıçta, su ile sıyrılması istenmektedir. Girişte gaz akımı %20(mol) ($y_1$=0.20) $SO_2$ içermektedir. Kule tepesinde $SO_2$ konsantrasyonunun %2 (mol)'ye ($y_2$=0.02) düşmesi istenmektedir. Sıvı akış debisi 0.042 kg mol su /sn , kuleye giren inert hava debisi ise 0.000653 kg mol hava/sn olarak verilmiştir. Kulenin kesit alanı 0.0929 $m^2$ 'dir. Yukarıda belirtilen şartlarda gaz ve sıvı fazda film kütle iletim katsayıları ;

$k'_y a = 0.0594\ G_y^{0.7}\ G_x^{0.25}$ (kg mol/sn $m^3$)

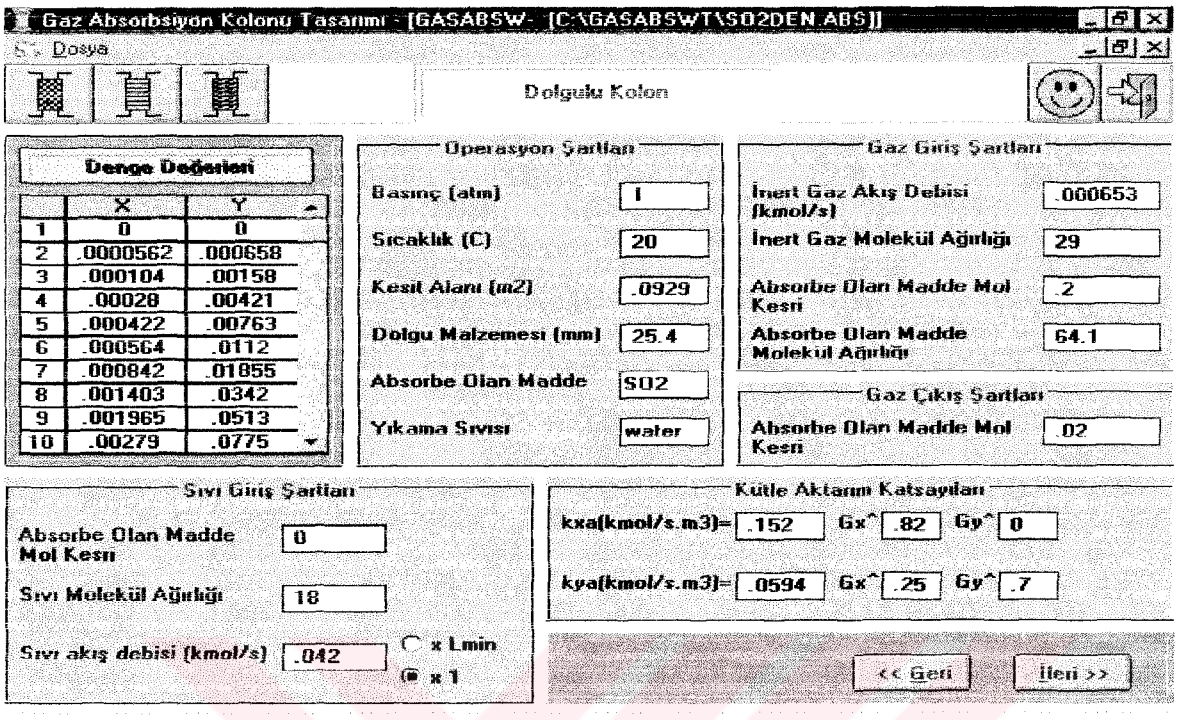
$k'_x a = 0.152\ G_x^{0.82}$ (kg mol/sn $m^3$)

Kule yüksekliğini hesaplayınız. (Sonuç: 1.588 metre , (8 adım sayısı için))

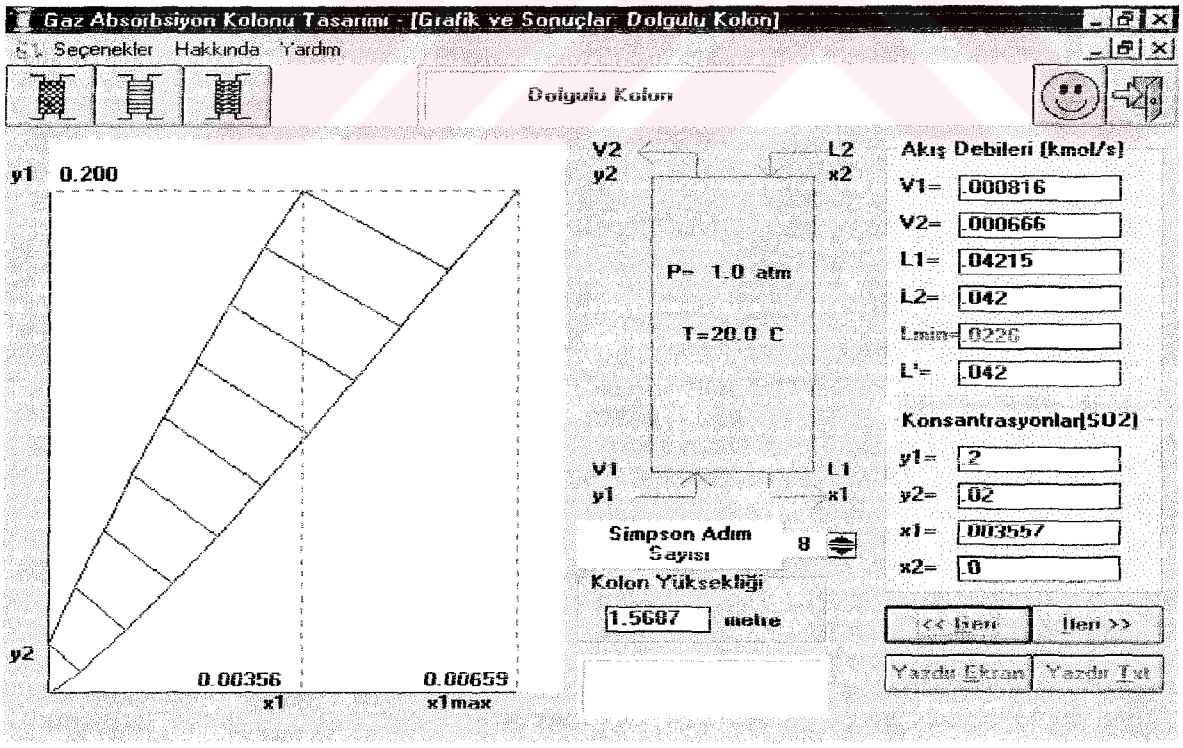
Sisteme ait denge verileri aşağıda verilmiştir. (Geankoplis, 1983)

| X | Y |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 0.0000562 | 0.000658 |
| 0.00010403 | 0.00158 |
| 0.00028 | 0.00421 |
| 0.000422 | 0.00763 |
| 0.000564 | 0.0112 |
| 0.000842 | 0.01855 |
| 0.001403 | 0.0342 |
| 0.001965 | 0.0513 |
| 0.00279 | 0.0775 |
| 0.0042 | 0.121 |
| 0.00698 | 0.212 |

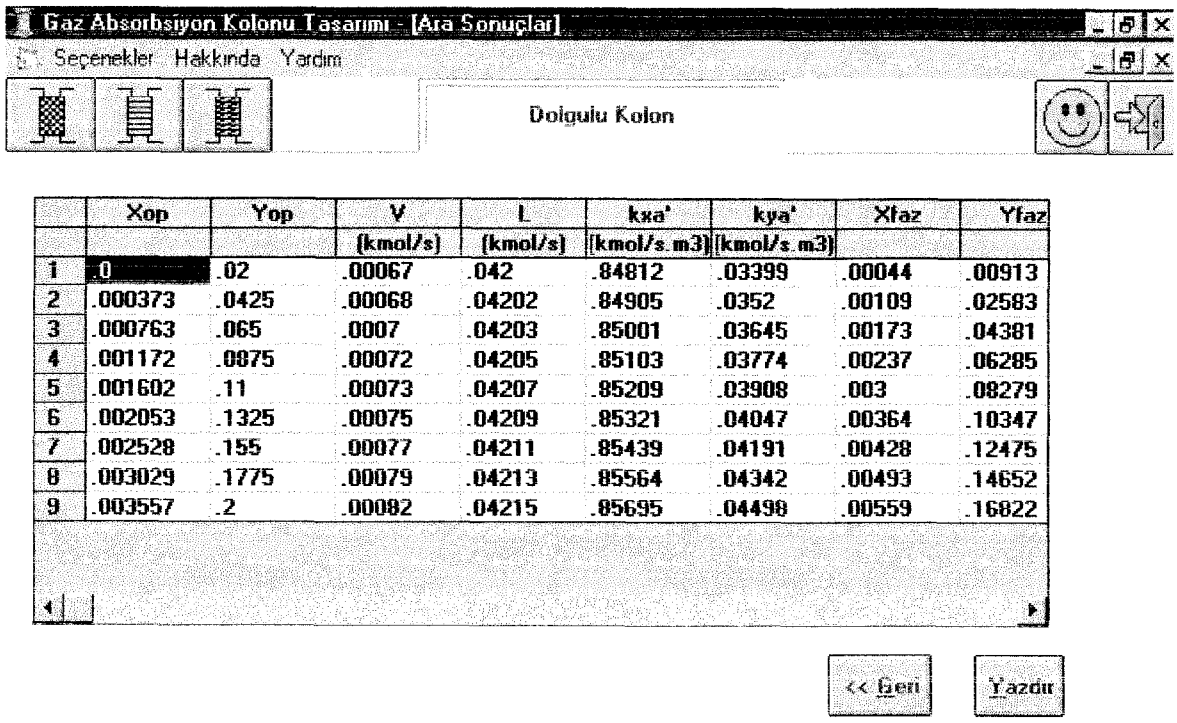
GASABSW_1.0 Çözümü;




Şekil 5.1 Örnek1 uygulamasının veri giriş ekranı

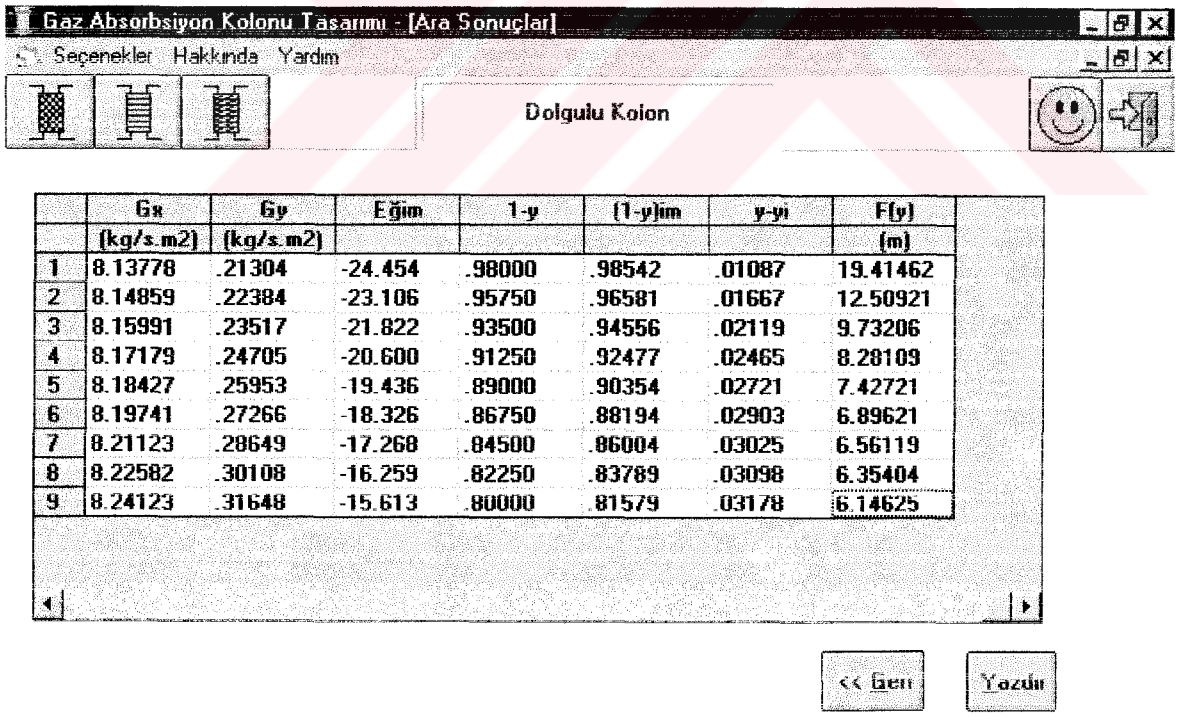



Şekil 5.2 Örnek1 uygulamasının çözüm ekranı




| | Xop | Yop | V (kmol/s) | L (kmol/s) | kxa' (kmol/s.m3) | kya' (kmol/s.m3) | Xfaz | Yfaz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | .0 | .02 | .00067 | .042 | .84812 | .03399 | .00044 | .00913 |
| 2 | .000373 | .0425 | .00068 | .04202 | .84905 | .0352 | .00109 | .02583 |
| 3 | .000763 | .065 | .0007 | .04203 | .85001 | .03645 | .00173 | .04381 |
| 4 | .001172 | .0875 | .00072 | .04205 | .85103 | .03774 | .00237 | .06285 |
| 5 | .001602 | .11 | .00073 | .04207 | .85209 | .03908 | .003 | .08279 |
| 6 | .002053 | .1325 | .00075 | .04209 | .85321 | .04047 | .00364 | .10347 |
| 7 | .002528 | .155 | .00077 | .04211 | .85439 | .04191 | .00428 | .12475 |
| 8 | .003029 | .1775 | .00079 | .04213 | .85564 | .04342 | .00493 | .14652 |
| 9 | .003557 | .2 | .00082 | .04215 | .85695 | .04498 | .00559 | .16822 |

Şekil 5.3a Örnek1 uygulamasının adım sayısı ara sonuçları ekranı-1




| | Gx (kg/s.m2) | Gy (kg/s.m2) | Eğim | 1-y | (1-y)im | y-yi | F(y) (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8.13778 | .21304 | -24.454 | .98000 | .98542 | .01087 | 19.41462 |
| 2 | 8.14859 | .22384 | -23.106 | .95750 | .96581 | .01667 | 12.50921 |
| 3 | 8.15991 | .23517 | -21.822 | .93500 | .94556 | .02119 | 9.73206 |
| 4 | 8.17179 | .24705 | -20.600 | .91250 | .92477 | .02465 | 8.28109 |
| 5 | 8.18427 | .25953 | -19.436 | .89000 | .90354 | .02721 | 7.42721 |
| 6 | 8.19741 | .27266 | -18.326 | .86750 | .88194 | .02903 | 6.89621 |
| 7 | 8.21123 | .28649 | -17.268 | .84500 | .86004 | .03025 | 6.56119 |
| 8 | 8.22582 | .30108 | -16.259 | .82250 | .83789 | .03098 | 6.35404 |
| 9 | 8.24123 | .31648 | -15.613 | .80000 | .81579 | .03178 | 6.14625 |

Şekil 5.3b Örnek1 uygulamasının adım sayısı ara sonuçları ekranı-2

Kule yüksekliğinin 1.5687 metre bulunduğu görülmektedir. Aynı sorunun Mathcad çözümünde (Oyman ve Akın , 1998) sonuç 1.58624 metre bulunmuştur.

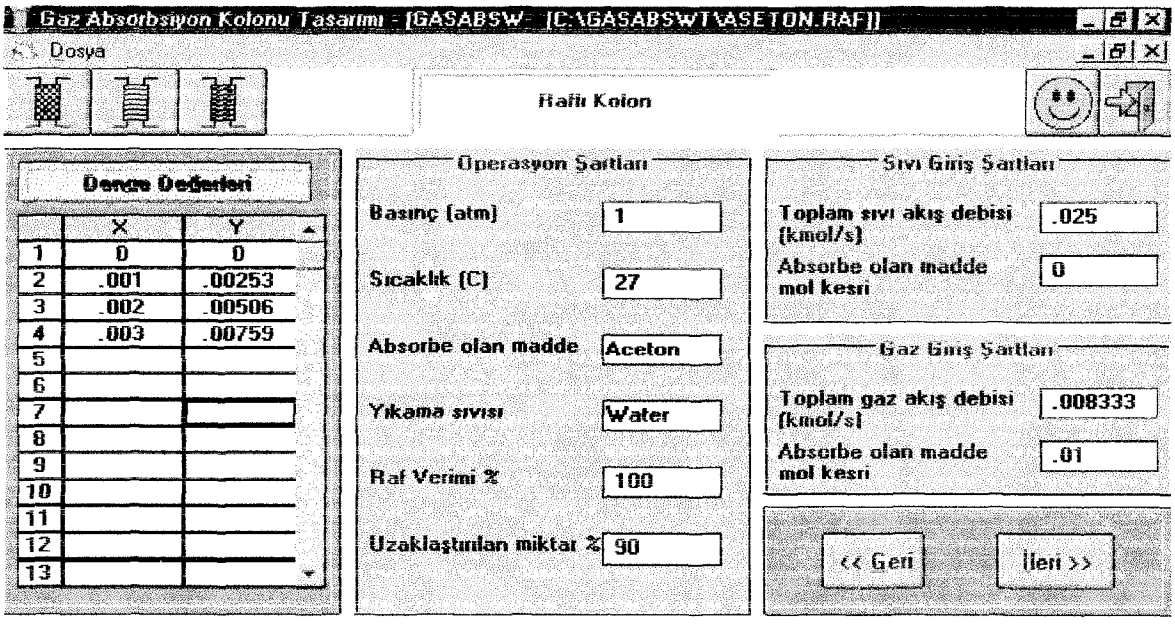
## 5.2 Raflı Kolon Tasarımı Uygulaması

### 5.2.1 Örnek2 (ASETON.RAF)

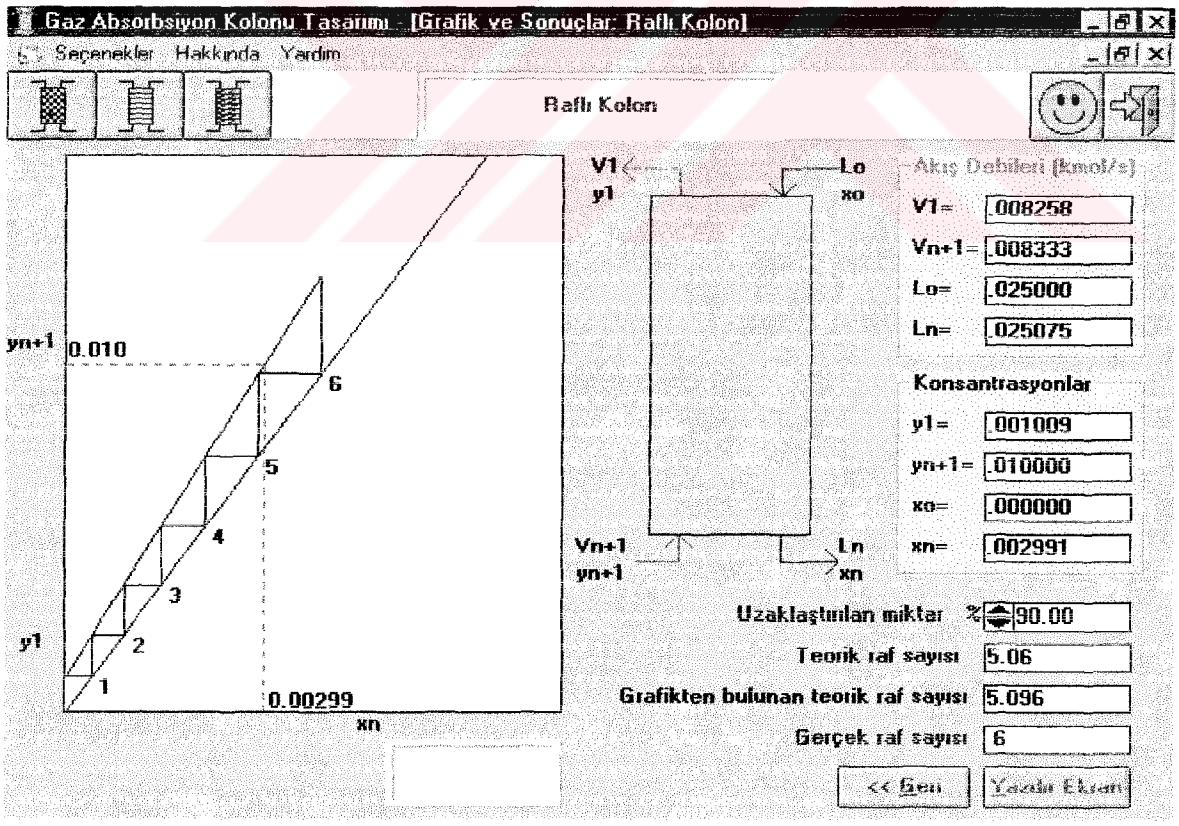
Karşıt akımlı bir raflı kolon kullanılarak molce %1 aseton içeren havadan asetonun %90'ı uzaklaştırılmak isteniyor. Toplam gaz girişi 0.008333 kmol/saat ve asetonu absorbe edecek olan kolonun üstünden beslenen saf su debisi ise 0.025 kmol/saat'tir. İşlem 27°C ve 1 atm basıçta gerçekleşmektedir. Gerekli olan raf sayısını bulunuz. (Sonuç: 5.2 teorik raf)
Sisteme ait denge verileri aşağıdaki gibidir. (Geankoplis, 1983)

| X | Y |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 0.001 | 0.00253 |
| 0.002 | 0.00506 |
| 0.003 | 0.00759 |

GASABSW_1.0 Çözümü;




Şekil 5.4 Örnek2 uygulamasının veri giriş ekranı




Şekil 5.5 Örnek2 uygulamasının çözüm ekranı

Grafikten bulunan raf sayısının 5.097, teorik hesaplamalar (Kremser denklikleri) yardımıyla bulunan raf sayısının 5.06 ve gerçek raf sayısının 6 olduğu görülmektedir. Aynı sorunun Mathcad çözümünde (Oyman ve Akın, 1998) sonuç 6 bulunmuştur.

### 5.3 Sıyırma Kolonu Tasarımı Uygulaması

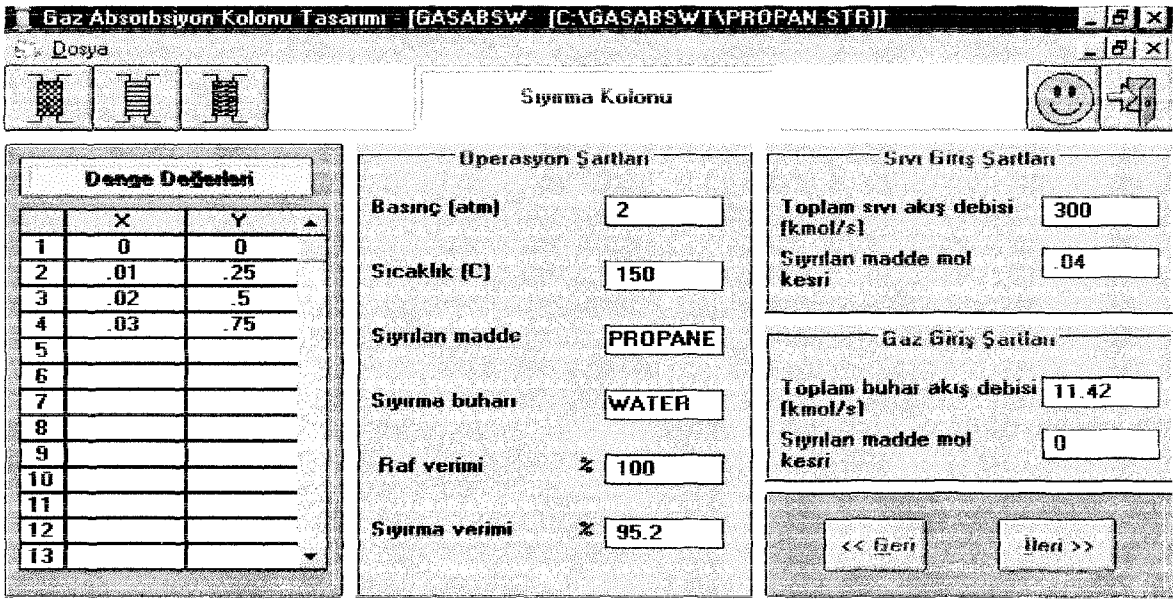
#### 5.3.1 Örnek3 (PROPAN.STR)

Molce %4 propan içeren uçucu olmayan hidrokarbon yağından aşırı doymuş su buharı kullanılarak propan sıyrılmak isteniyor. Kolon çıkışında propan miktarının %0.2 olması bekleniyor. Kolon boyunca sıcaklık 150°C'de ve basınç 2 atm' de sabit tutulmaktadır. Kolona giren su buharı debisi 11.42 kg mol/saat ve sıvı debisi ise, 300 kg mol/saat olarak verilmiştir. Su buharının inert olduğu ve yoğunlaşmayacağı kabul edilir. Gerekli olan raf sayısını bulunuz. (Sonuç: 5.6 teorik raf)

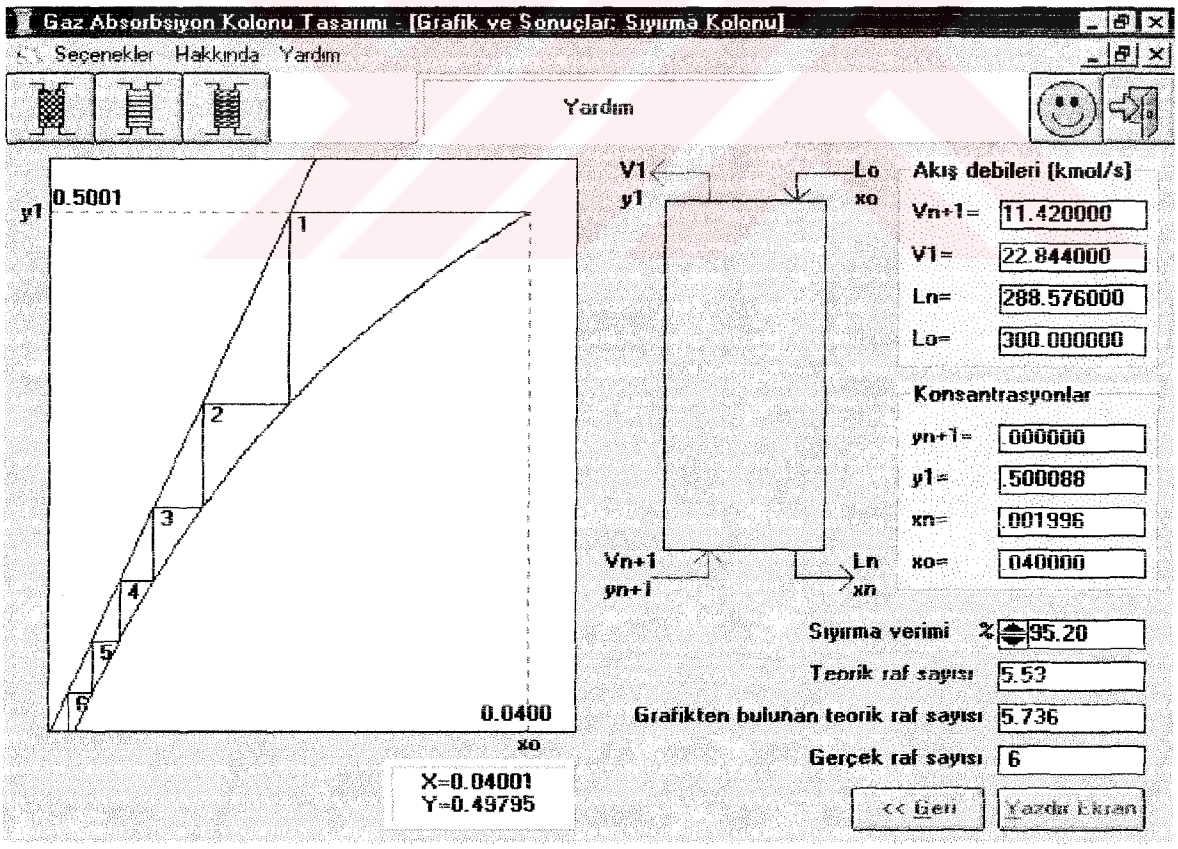
Sisteme ait denge verileri aşağıdaki gibidir. (Geankoplis, 1983)

| X | Y |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 0.01 | 0.25 |
| 0.02 | 0.50 |
| 0.03 | 0.75 |

GASABSW_1.0 Çözümü;




Şekil 5.6 Örnek3 uygulamasının veri giriş ekranı




Şekil 5.7 Örnek3 uygulamasının çözüm ekranı

Grafikten bulunan raf sayısının 5.736, teorik hesaplamalar (Kremser denklikleri) yardımıyla bulunan raf sayısının 5.53 ve gerçek raf sayısının 6 olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.2'de dolgulu kolon ile ilgili bazı referanslardan derlenen problemlerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Dolgulu kolon yüksekliği değerleri hem GASABSW_1.0 programı ile hesaplanmış hem de sonuçların karşılaştırılması amacıyla MathCad_5.0 paket programı ile hesaplanmıştır.

Çizelge 5.3'de ise, raflı kolon ve sıyırma kolonu ile ilgili olarak referans sonuçları ve GASABSW_1.0 programından elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Dolgulu kolon tasarımı ile ilgili referanslardan derlenen problemlerin sonuçlarının elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması.

| | **Kolon Yüksekliği (m)** | | |
|---|---|---|---|
| **Sistem ($N_B$=0)** | **Referans** | **Gasabsw_1.0** | **MathCad_5.0** |
| $SO_2$-hava-su (1) (Geankoplis,1983) | 1.588 | 1.5681 | 1.58624 |
| $SO_2$-hava-su (2) (Geankoplis,1983) | 1.311 | 1.3088 | 1.36779 |
| $SO_2$-hava-su (3) (Geankoplis,1977) | 1.64592 | 1.6452 | 1.66541 |
| $NH_3$-hava-su (1) (Geankoplis,1977) | 2.249 | 2.2462 | 2.24844 |
| $NH_3$-hava-su (2) (Geankoplis,1983) | 2.362 | 2.3539 | 2.3200 |
| Aseton-hava-su (Geankoplis,1983) | 1.911 | 1.9972 | 2.02046 |

Çizelge 5.3 Raflı kolon ve sıyırma kolonu tasarımı ile ilgili referanslardan derlenen problemlerin sonuçlarının elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması.

| | **Raf Sayısı** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Referans** | | **Gasabsw_1.0** | |
| **Sistem** | **Grafik** | **Analitik** | **Grafik** | **Analitik** |
| Aseton-hava-su (raflı) (Geankoplis,1983) | 5.2 | 5.04 | 5.168 | 5.13 |
| Benzen-hava-yağ (raflı) (Treybal,1984) | 7.6 | 7.7 | 7.082 | 7.80 |
| Propan-yağ-su (sıyırma) (Geankoplis,1983) | 5.6 | - | 5.736 | 5.53 |

## 5.4 Tartışma

Bilindiği gibi ayırma proseslerinde grafiksel çözüm tasarım yöntemleri uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde lisans düzeyindeki öğrenciler zamanın büyük bir kısmını tasarım adımlarında kaybetmekte ve sonuçlarla ilgili olarak değerlendirme ve karşılaştırma yapmak için yeterli zamanı bulamamaktadır. Aynı zamanda grafik çizimi ve iterasyon yapılırken hata yapma olasılığı artmakta ve yapılan hatalar birikerek sonucu etkileyebilmektedir. Verilerde yapılan bir değişikliğin sonuca etkisi aynı anda görülememekte ve bunun için hesap prosedürü tekrarı gerekmektedir.

GASABSW_1.0 programında parametrelerde yapılacak olan değişikliğin sonuçlara etkisi aynı anda görülebilmektedir. Bu sayede öğrencilerin çıkan sonuçlar hakkında yorum yapmaları için gerekli ortam sağlanmıştır. Ayrıca Kimya Mühendisliği 3.Sınıf Kütle Aktarımı dersi öğrencilerinin GASABSW_1.0 programının deneme sürümünü kullanmalarına olanak verilmiştir. Öğrencilerin hazırladığı raporlar incelendiğinde, konunun kısa sürede ve daha kolay anlaşıldığı gözlenmiştir.

## KAYNAKLAR

Barış, İ. S., (1997), İnteraktif Grafiksel Bilgisayar Programlama İle Çok Bileşenli Distilasyon Kolon Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Beyenal, H., (1995), Uygulamalı Visual Basic 3.0, Alkım Yayınevi, Ankara

Ekinci, E., (1987), Kütle İletimi, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 108-161.

Geankoplis, C. J., (1977), Mass Transport Phenomena, Edwards Brothers, New York, 313-405.

Geankoplis, C. J., (1983), Transport Processes And Unit Operations, Allyn and Bacon, Inc., New York, 572-627, 797-831.

McCabe, W. L., Smith, J. C., Harriott, P., (1993), Unit Operations Of Chemical Engineering, McGraw-Hill, USA, 687-737.

Oyman, L.ve Akın, M. B., (1998), İzotermal Gaz Absorbsiyon Kulesi Tasarımı, Proje, YTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Öner, G. ve Öner, M., (1993), "The Design Of Isothermal Packed Towers By Interactive Graphics Programming", ACS Personel Computers in Chemical Engineering Education, Chicago,Ilinois.

Öner, G. ve Öner, M., (1994), "Grafiksel Programlama Teknikleri İle İzotermal Dolgulu Kule Tasarımı", 1.Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 13-16 Eylül 1994, ODTÜ, Ankara, 350-357

Treybal R. E., (1984), Mass-Transfer Operations, McGraw-Hill, New York, 275-341, 707-743.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

## ÖZGEÇMİŞ

| | | |
|---|---|---|
| Doğum tarihi | 09.02.1973 | |
| Doğum yeri | Üsküdar | |
| Lise | 1987 - 1990 | Pendik Lisesi |
| Lisans | 1990 - 1992 | Fırat Üniversitesi Mühendislik Fak. Kimya Müh. Bölümü |
| | 1992 - 1994 | Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fak. Kimya Müh. |
| Hazırlık | 1994 – 1995 | Yıldız Teknik Üniversitesi Yabancı Diller Bölümü |
| Yüksek Lisans | 1995 - | Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Müh. Anabilim dalı |
| Çalıştığı Kurumlar | | |
| | 1996 – 1996 | Kemiropa Dış Tic. Ltd. Şti. |
| | 1997 - | Atomika Teknik Tic. Ltd. Şti. |