

SCHREINEMAKERS YÖNTEMİNİN BİLGİSAYAR PROGRAMIYLA ÇÖZÜMLENMESİ VE DOĞAL MİNERAL TOPLULUKLARINA UYGULANMASI

Solution of the schreinemakers method by a computer programme and application to the natural mineral assemblages

Osman CANDAN D.E.Ü. Müh.Mim.Fak.Jeo. Müh. Bölümü, İZMİR
Yılmaz GÜLTEKİN D.E.Ü. Müh.Mim.Fak.Jeo. Müh. Bölümü, İZMİR
O.Özcan DORA D.E.Ü. Müh.Mim.Fak.Jeo. Müh. Bölümü, İZMİR

ÖZ : Doğada Gibbs faz kuralına dayalı olarak gerçekleşen mineral parajenezlerini eksenlerinde P/T, $\log f/\mu$ v . b. değişkenlerin bulunduğu diagramlara Schreinemakers yöntemine göre yerleştirmek olanaklıdır. Bu diagramlar bileşen sayısına ve serbestlik derecesinin eksiye gitmesine göre çok karmaşık şekillere bürünmektedir. Küçük el hesap makinalarıyla çözümü haftalarca sürebilecek karmaşık şemalar için BASIC dilinde bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Programın IBM-PC makineleri için hazırlanarak, geniş bir uygulama olanağının bulunması amaçlanmıştır. Dünya'da daha önce Schreinemakers yöntemine göre çalışılmış ve yayınlanmış bir bölgeden alınan örnek, önerdiğimiz programla yeniden çözelerek programın işlerliği denenmiştir. Bilgisayar çıktılarında, çözülmesi istenen sisteme ait her türlü bilgiyi, ek bir işlem yapmaksızın, hemen görmek mümkün olabilmektedir.

ABSTRACT : Mineral assemblages stable according to Gibbs phase rule can be shown on the diagrams having axes such as P/T, $\log f/\mu$ by the Schreinemakers method. These diagrams may be too complex on the basis of the number of the components and the degrees of freedom in the system. A computer programme in BASIC language is developed in order to solve such kind of complex systems which can be solved in very long times with small calculators. This programme was adopted for the IBM-PC because of the wide distributions of these computers. One natural sample which was studied by the Scheinemakers method, is resolved by the proposed programme in order to show the application of programme. It is possible to obtain all the parameters of the system to be solved by this computer programme without any additional calculations.

GİRİŞ

Doğada dengede bulunan faz topluluklarının duraylılık alanlarının bir diagram üzerinde gösterim çabaları çok eski yıllara değin uzanmaktadır. Bu yöntemin temeli Schreinemakers (1915-1925) tarafından atılmış olup, daha sonraki yıllarda Niggli (1930, 1954) ve Korzhinskii (1959) tarafından geliştirilmiştir. Bu konuda çok dağınık olan bilgilerin toplanması ve derlenmesini ise Zen (1966) gerçekleştirmiştir.

Dengede bulunan mineral topluluklarının P/T diagramlarında gösteriminde genelde iki yöntem izlenmektedir. Bunlardan birincisi Morey ve Williamson (1918) ve Morey (1936) tarafından geliştirilen cebirsel gösterimdir. İkinci yöntem ise geometriktir. Bu makalede özellikle geometrik yöntemeye dayalı çözümler açıklanmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada, elle çözümü çok uzun zaman alan, özellikle çok bileşenli karmaşık sistemlerin çözümlerinin bir bilgisayar programı ile yapılmasının sağlanması amaçlanmıştır. Böylece hem zaman kazanılması, hem de çalışılan bölgeyi temsil edebilecek sistemin seçiminde çok sayıda olasılığın denenmesi mümkün olabilecektir. Önerilen programın daha kolay

anlaşılabilmesi için, Türkiye'de henüz çok yeni olan bu yöntem hakkında öz bilgilerin verilmesi ve programın çalışılabilirliğinin gösterilmesi amacıyla daha önce doğada çalışılmış olan bir sistemin önerilen program ile yeniden çözülmesi uygun görülmüştür.

Termodinamikte, dengedeki sistemlerde yeralan fazların duraylılık alanlarının ve duraylılık koşullarının değişimine etki eden faktörlerin saptanmasında genelde Gibbs Faz Kuralı'ndan yararlanılmaktadır.

$$P + F = C + 2$$

F : Serbestlik Derecesi P : Faz Sayısı C : Bileşen Sayısı

Formülde de görüleceği gibi (n) sayıda bileşen içeren bir sistemin faz sayısı, doğrudan serbestlik derecesinin değişimi ile ilgilidir. Serbestliğin 2 olması durumunda (F =2), sistemde dengede bulunan faz sayısı bileşen sayısına eşit çıkar. Bunlar, sistemdeki iki tane tek değişkenli eğri arasındaki alanlara karşılık gelmekte olup, minimum sayıda fazın birarada bulunabildiği bölgelerdir. F = 1 olması durumunda ise, faz sayısı bileşen sayısının bir fazlası olup, bu topluluklar sistemdeki tek değişkenli eğrilerin üzerlerine düşerler. F = 0 olan nokta ise

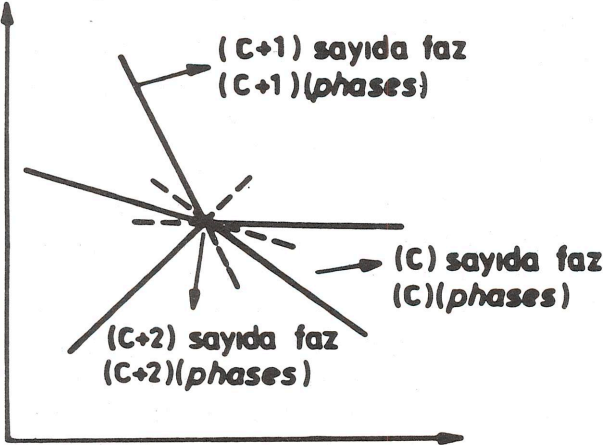
sistemde sadece bir tane olup, değişmez nokta (invariant nokta) olarak isimlendirilir. Bu noktada en çok sayıda faz (sistemdeki tüm fazlar) birarada bulunabilmektedir (Şekil 1). Gibbs Faz kuralı formülü tüm Schreinemakers yönteminin temelini oluşturmaktadır.

(n) bileşenli bir sistemde yeralan tepkimelerin yazılması iki farklı yolla gerçekleştirilir. Bunlardan basit ve pratik olanı "Geometrik Yazım Yöntemi" olup özellikle az sayıda bileşen (C: 1, 2 ve 3) içeren sistemlerde kullanılır. Bu yöntemde izlenecek adımlar sistemin bileşen sayısı ile ilgilidir. tek bileşenli sistemlerde (C=1) bütün fazlar birbirinin polimorfudur. Yani fazlardan birinin yeralmadığı tepkimelerde geriye kalan iki faz arasında polimorfik dönüşümler gerçekleşmektedir. Bu nedenle C = 1 olan sistemdeki tüm tepkimeler polimorfik dönüşümler olarak gösterilir.

İki bileşenli (C = 2) sistemlerdeki fazlar bir doğru üzerinde gösterilir. Bu doğrunun iki ucunda sistemin iki bileşeni bulunur. Normal koşullarda bu sistemlerde 4 faz bulunmaktadır. Önce tepkimesi yazılmak istenen faz (yani tepkimeye katılmayan faz) kapatılır. Geriye 3 faz kalmıştır. Bu fazlardan iki tarafta olanları tepkimenin bir yanına, ortadaki ise diğer yanına yazılır (Şekil 2).

Üç bileşenli sistemler bir üçgen üzerinde gösterilir. Köşelerde bileşenlerin yer aldığı bu sistemde başlıca iki geometrik tepkime yazım konumu vardır. Bunlardan birincisi, beş fazın bir beşgen oluşturması durumu olup önce tepkimesi yazılacak olan faz kapatılır. Geri kalan 4 faz iki köşegen ile birbirine birleştirilir.

Bu köşegenlerin uçlarındaki fazlar tepkimenin iki yanına ayrı ayrı yazılır (Şekil 3). İkinci konum olan dört fazın bir dörtgen oluşturması, beşinci fazın ise bu dörtgen içinde yeralması durumunda, sistemdeki kapatılan fazın dışında kalan üç fazın bir üçgen oluşturması, dördüncü fazın ise bu üçgenin içerisinde yeralması gerekmektedir. Bu durumda üçgenin köşelerindeki fazlar tepkimenin bir tarafına, üçgenin içindeki faz ise diğer tarafına yazılır (Şekil 4).



Şekil-1. Bir sistemin değişmez nokta, tek değişkenli eğri ve iki değişkenli alanlarında bulunması gereken faz sayısı.
Figure-1. Number of the phases to be present at the invariant point, univariant curves and divariant areas of a system.

Özellikle 4 ve daha fazla bileşen içeren sistemlerde ise dördüncü boyutun işe girmesi (tetraeder içerisinde gösterim) nedeniyle, geometrik yöntemlere göre tepkime yazımı zorlaşmaktadır. Bu tür sistemlerde "Determinant Yöntemi" uygulanır. Bu yöntemde determinantın sütunlarına fazlar, satırlara ise bileşenler yazılır ve çözülür. Bu yöntemin avantajlı tarafı ikinci bir işleme gerek kalmaksızın tepkimenin kimyasal yönden de dengelenmesinin mümkün olmasıdır. Bu yayında önerilen bilgisayar programı bu yönetime göre hazırlanmıştır.

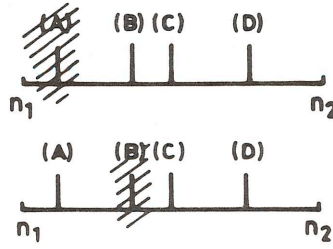
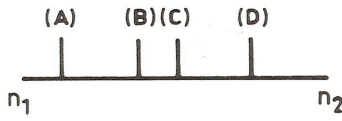
Schreinemakers yönteminde bir sisteme ait tek değişkenli eğrilerin düzenlenmesinde, genelde "Olmayan Faz Kuralı"ndan yararlanılır. Çok basit ve az zaman alıcı olan bu yöntemde tepkimeye giren fazların tepkimede olmayan fazı temsil eden tek değişkenli eğrinin sağında veya solunda bulunuşu temel alınır. Bu yöntemde önce tepkimeye girmeyen faza ait eğri gelişi güzel bir yönde çizilir. Daha sonra tepkimenin sağında kalan fazlara ait eğriler 180° yi aşmamak koşuluyla olmayan faza ait eğrinin bir tarafına, solunda kalan fazlara ait eğriler ise diğer tarafa çizilir. Daha sonra da bu şema her tepkime için kontrol edilir. Eğer diğer tepkimeler bu şemayı sağlamıyorsa yeni çözüm yolları aranır. Tüm tepkimeleri sağlayan şema "Deneme Yanılma" yöntemiyle ortaya çıkarılır. Ekli 5'de bu yöntemle düzenlenmiş basit bir şema verilmektedir.

(n+2) sayıda faz ve (n) sayıda bileşen içeren sistemlerde, serbestlik derecesinin 2 olduğu iki değişkenli alanlarda (n) sayıda fazın dengede bulunduğu parajenezler yeralır. Morey - Schreinemakers kuralına göre, iki eğri ile sınırlanan alanların 180° den daha küçük açılı kesimlerinde, bu eğrileri temsil eden fazların dışındaki fazlar birarada dengededir (Şekil 6). Bu durumda iki eğri arasında kalan alanlarda yalnız bir denge topluluğunun bulunması gerekecektir. Oysa bu böyle gerçekleşmemekte ve bir alanda ana parajenez ek olarak çok sayıda parajenez de bulunabilmektedir. Bu durum "Örtme Kuralı"ndan kaynaklanmıştır. Örtme Kuralı'na göre 180° den daha küçük alanlarda aradaki tek değişkenli eğriler de aşılarak yan topluluklar elde edilebilmektedir.

Bazı sistemlerde eğim açısı, tek değişkenli eğri sayısı, birbirinden farklı tepkime sayısı ve tepkimeye katılan faz sayılarında Gibbs faz kuralı ve diğer temel kurallara uymayan durumlar ortaya çıkabilmektedir. Genelde, bu tür sistemlere "Soysuzlaşmaya Uğramış (Dejenere) Sistemler" adı verilir. Sistemdeki soysuzlaşmalar başlıca üç etkenden kaynaklanmaktadır:

- 1) İki veya daha fazla sayıda fazın bileşimi aynı ise (birbirinin polimorfu olma durumu),
- 2) Sistemde üç veya daha fazla sayıda faz bir çizgi üzerinde yer alıyorsa; yani fazların bileşimi bir bileşene göre sabit ya da oransal olarak sabit kalıyorsa,
- 3) Sistemdeki dört veya daha fazla sayıda faz bir düzlem üzerinde yer alıyor ve fazların bileşimi bir bileşene göre oransal olarak sabit kalıyorsa,

Bileşenler / (Components) : $n_1 - n_2$
Fazlar / (Phases) : A-B-C-D

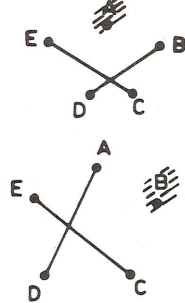
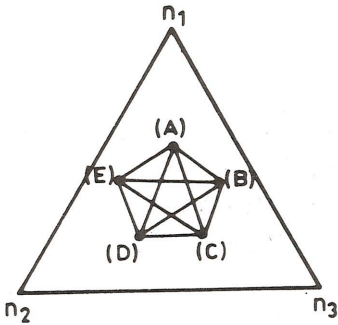


(A) Tepkimesi (reaction) $B + D \rightarrow C$

(B) Tepkimesi (reaction) $A + D \rightarrow C$

Şekil-2. İki bileşenli bir sistemde tepkimelerin geometrik yöntemle saptanması.
Figure-2. Identification of the reactions by the geometric method in a binary system.

Bileşenler / (Components) : $n_1 - n_2 - n_3$
Fazlar / (Phases) : A-B-C-D-E

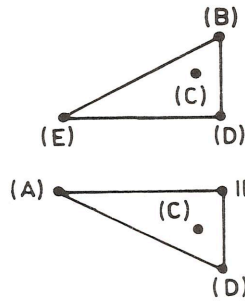
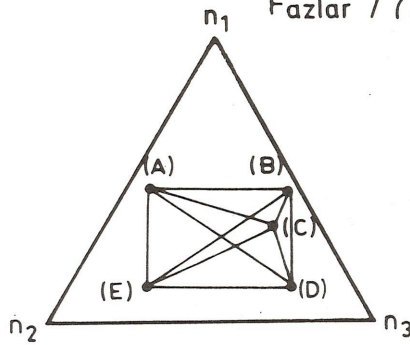


A tepkimesi (reaction) $E + C \rightarrow B + D$

B tepkimesi (reaction) $A + D \rightarrow C + E$

Şekil-3. Üç bileşenli sistemlerde tepkimelerin beş fazın bir beşgen oluşturması durumuna göre saptanması.
Figure-3. Identification of the reaction at the position of five phase compositions define a pentagon in a ternary system.

Bileşenler / (Components) : $n_1 - n_2 - n_3$
Fazlar / (Phases) : A-B-C-D-E



(A) Tepkimesi (reaction) $B + D + E \rightarrow C$

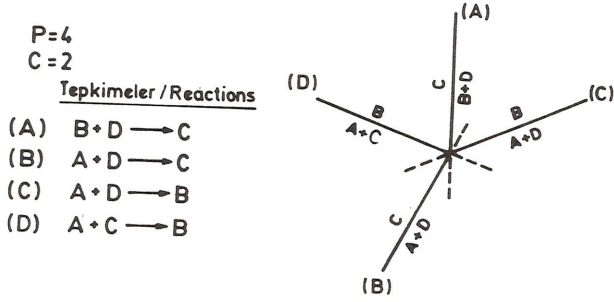
(E) Tepkimesi (reaction) $A + B + D \rightarrow C$

Şekil-4. Üç bileşenli sistemlerde tepkimelerin dört fazın bir dörtgen oluşturması, beşinci fazın ise bu dörtgen içerisinde yer alması durumuna göre saptanması.
Figure-4. Identification of the reactions at the position of four phase composition point is inside the quadrilateral in a ternary system.

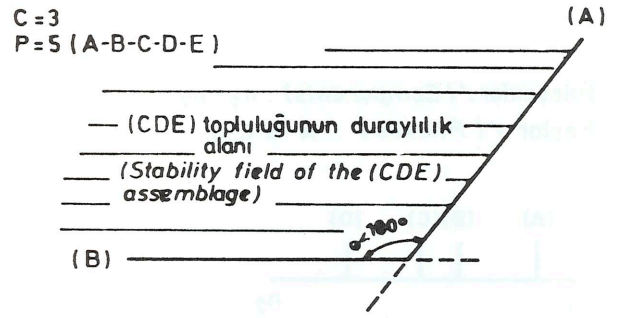
Bu durumda tek bileşenli sistemlerin ($C=1$) tümü dejenere olmaktadır.

Daha önce de değinildiği gibi normal koşullarda bir sistemde en fazla ($C+2$) sayıda faz bulunabilmektedir. Maksimum sayıdaki faz da ancak değişmez noktada birarada dengede

kalabilmektedir. Bir tane değişmez nokta içeren bu tür sistemlere "Tek Değişmez Noktalı Basit Sistemler" adı verilir. Fakat kimi durumlarda sistemde $C+2$ den fazla sayıda faz bulunabilmektedir. Serbestlik derecesinin eksiye gittiği böyle sistemlerde, eksiye gidiş derecesine göre değişmez nokta sayısı artmaktadır. Çok



Şekil-5. Bir değişmez nokta çevresinde yer alan tek değişkenli eğrilerin geometrik yöntemle düzenlenmesi.
Figure-5. Relative arrangement of the univariant curves about the invariant point by the geometric method.



Şekil-6. Morey-Schreinemakers yöntemine göre, iki tane tek değişkenli eğri arasında kalan toplulukların duraylılık alanlarının saptanması.
Figure-6. Identification of the stability field of the assemblages situated between two univariant curves by the Morey-Schreinemakers rule.

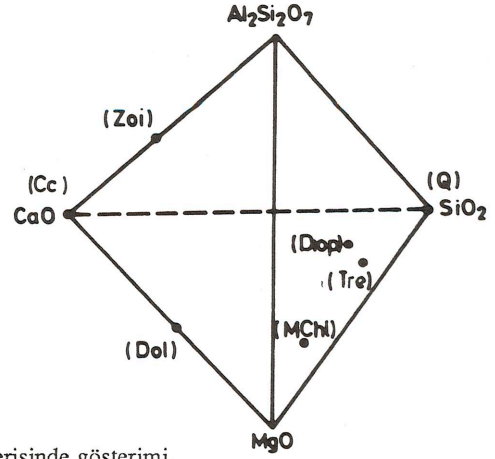
C = 3 P = 5			
$K(P, F) = \frac{P!}{F!(P-F)!}$			
Değişmez nokta sayısı (Number of the invariant points)	Tek değişkenli eğri sayısı (Number of the univariant curves)	Tepkime sayısı (Number of the reactions)	Birbirinden farklı topluluk sayısı (Number of the different assemblages)
$K(5,0) = \frac{5!}{0!(5-0)!}$ (1)	$K(5,1) = \frac{5!}{1!(5-1)!}$ (5)	$K(5,1) = \frac{5!}{1!(5-1)!}$ (5)	$K(5,2) = \frac{5!}{2!(5-2)!}$ (10)

Şekil-7. Serbestlik derecesi sıfır olan (F:0) bir sistemde temel parametrelerin hesaplanması.
Figure-7. Calculation of the essential parameters in a system with number of degrees of freedom (F: 0).

C=3 P=6 n=F		
Sistemin serbestlik derecesi (Numbers of degrees of freedom)	Toplam değişmez nokta sayısı (Total number of invariant points)	Tek değişkenli eğri sayısı (Number of univariant points)
$P+F = C+2$ $F = -1$	$K_{(C+2-n)}^{(C+2)} = \frac{(C+2-n)!}{(C+2)!(C+2-n)-(C+2)!}$ (6)	$K_{(C+2-n)}^{(C+1)} = \frac{(C+2-n)!}{(C+1)!(C+2-n)-(C+2)!}$ (15)

Şekil-8. Negatif serbestlik derecesine sahip (F: -n) bir sistemde bulunan temel parametrelerin hesaplanması.
Figure-8. Calculation of the essential parameters in a system with a negative number of degrees of freedom (F: -n).

(Diop) DIOPSİT	$\text{Ca Mg Si}_2\text{O}_6$
(Tre) TREMOLİT	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
(Zoi) ZOİSİT	$\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$
(MChl) Mg KLORİT	$\text{Mg}_5\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
(Cc) KALSİT	CaCO_3
(Dol) DOLOMİT	$\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2$
(Q) KUVARS	SiO_2



Şekil-9. Sistemde yer alan fazlar (mineraller) ve bunların bir tetraeder içerisinde gösterimi.
Figure-9. Phases (minerals) of the system and the illustration of these phases in a tetrahedron.

sayıda değişmez nokta içeren bu tür şemalara "Çok değişmez Noktalı Karmaşık Sistemler" adı verilmektedir.

Tek değişmez noktalı basit sistemlerde değişmez nokta sayısı, tek değişkenli eğri sayısı, birbirinden farklı tepkime sayısı ve birbirinden farklı duraylı topluluk sayısı gibi temel elemanların hesabında kombinasyon formülünden yararlanılmaktadır:

$$P : \text{Faz sayısı} \quad F: \text{Serbestlik derecesi}$$

$$K(P, F) = \frac{P!}{F! (P - F)!}$$

Şekil 7'de $C = 3$ olan bir sistemde bulunması gereken temel elemanların hesabı örnek olarak verilmektedir.

Eksi serbestlik derecesine sahip ($F = -n$) çok değişmez noktalı karmaşık sistemlerde ise değişmez nokta sayısı, $(C + 2)$ sayıda faz içeren $(C + 2 - n)$ sayıda fazın kombinasyonudur. Tek değişkenli eğri ise, $(C + 1)$ sayıda faz içeren $(C + 2 - n)$ sayıdaki fazın kombinasyonu ile hesaplanmaktadır.

Değişmez nokta sayısı	Tek değişkenli eğri sayısı
$(C+2)$ değişmez noktadaki faz sayısı	$(C+2)$ Eğri üzerindeki faz sayısı
K	K
$(C+2-n)$ Sistemdeki toplam faz sayısı	$(C+2-n)$ Sistemdeki toplam faz sayısı

Şekil 8'de $C = 3$ olan bir sistemin ana elemanlarının hesaplanması gösterilmektedir. Önerilen bilgisayar programının daha rahat kavranabilmesi amacıyla, bu bölümde kısaca özetlenmeye çalışılan Schreinemakers yöntemiyle ilgili daha ayrıntılı teorik bilgi Korzhinskii (1959), Niggli (1954), Zen (1966), Candan (1988) ve Dora ve Candan (baskıda)'dan elde edilebilir.

ÇOK BİLEŞENLİ KARMAŞIK SİSTEMLERİN BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE ÇÖZÜMÜ

Schreinemakers yöntemine göre çok bileşenli karmaşık sistemlerin çözümü amacıyla yazılan bu program BASIC dilinde

olup bilgisayar olarak IBM-PC kullanılmıştır. BASIC dili çok amaçlı oluşu ve yaygın kullanım alanına sahip olması nedeniyle yeğlenmiştir. Aynı şekilde bu programın IBM-PC makinaları için hazırlanmasının nedeni, isteyen araştırmacının bu aygıtlara Türkiye'nin hemen her yerinde kolayca ulaşabilme olanağına sahip olmasındandır.

Programın veri kısmı doğada çok yaygın olarak bulunan bazı minerallerin isimleri, kısaltmaları, standart kapalı formülleri ve element katsayılarını içermektedir. Bu bölümde, çözülmesi istenen sistemdeki faz ve bileşenlere göre gerek mineral eklenmeleri gerekse minerallerin o yöreye özgü gerçek kimyasal bileşimlerinin sisteme verilmesi gibi değişiklikler yapılabilir (EK-1).

Önerilen bilgisayar programının akım şeması şu şekildedir:

Program çalıştırıldığında veri kısmında yüklü olan tüm veriler okunmakta ve ekranda tüm minerallerin kod ve kısaltmaları listelenmektedir. Bu aşamada çözümü istenen sistemin faz(mineral) sayısı ve bu fazların kodlarının girişi yapılır. Girilen bu verilere göre programda bileşen sayısı, serbestlik derecesi, alt sistemin faz (mineral) sayısı ve bu fazların kodlarının girişi yapılır. Girilen bu verilere göre programda bileşen sayısı, serbestlik derecesi, alt sistem sayısı ve tek değişkenli eğri sayısı gibi sisteme ait birçok ana elemanın hesabı yapılmakta ve programın alacağı yön kararlaştırılmaktadır. Bu verilerin hesabında çalışmanın önceki bölümlerinde de açıklandığı gibi "Gibbs Faz kuralı" ve yine bu kurala dayalı çeşitli faktöriyel hesaplarından yararlanılmaktadır.

Bu ön bilgilerin edinilmesinden sonra program Schreinemakers yöntemine göre sistemin serbestlik derecesine dayalı olarak kombinasyon hesapları yapmaktadır. Serbestlik derecesinin sıfır ($F: 0$) olması durumunda yalnız tepkimeye katılmayan faz, tepkime yazım kurallarına göre kapatılmakta ve geri kalan fazları içeren tüm olası topluluklar çözüme hazır diziler haline

getirilmektedir. Serbestlik derecesinin eksi çıkma (bu program için maksimum F:-3 alınmıştır) durumunda ise, alt sistemler tüm olasılıklarıyla denenerak oluşturulmakta ve tepkimeye girmeyen fazın yanı sıra o alt toplulukta yeralmayan faz veya fazlar da kapatılmaktadır. Yine bu yolla olası tüm birbirinden farklı topluluklar çözüme hazır diziler haline getirilmektedir.

Oluşturulan bu birbirinden farklı diziler tek tek ele alınarak determinant çözümleri yapılır. Programın yazım mantığında sistemde CO₂ ve H₂O'nun her zaman bulunabileceği ve bunların sistemin faz ve bileşen sayısını etkilemeyeceği kabul edilmiştir. Bu nedenle önce tepkimeye katılan fazların (minerallerin) C ve H içerikleri araştırılır. Bunların varlığında sisteme CO₂ ve/veya H₂O eklenmektedir. Çözümü yapılacak toplulukta yer alan minerallerin kimyasal bileşimlerindeki elementlerin katsayıları sütünlara, fazlar ise satırlara gelecek şekilde matris kurulmaktadır. Hazırlanan bu matrisin çözümü "Gauss-Jordan Eliminasyon Yöntemi"ne göre gerçekleştirilmektedir. Çıkan katsayılar tam sayılara çevrilmekte ve çözüm sağlanması yapılmaktadır. Son aşamada, tepkimelerde CO₂ ve/veya H₂O bulunması durumunda bunlar tepkimenin sağında ve solunda yer alacak şekilde düzenlenmekte ve determinant çözümü yapılan topluluk denklem haline dönüştürülmektedir. Tepkime yazım yöntemlerine göre çözümü olmayan "Kesinlikle Farksız Faz" konumundaki fazların varlığı da bu program sayesinde saptanabilmektedir. Daha önceki aşamalarda kombinasyon formülleriyle saptanan, sisteme ait tepkimesi yazılacak, tüm olası topluluklar tek tek ele alınarak aynı yöntemle çözülmekte ve bu yolla tüm tepkimeler elde edilmektedir. Bu aşamada, çeşitli soysuzlaşmalardan kaynaklanan tepkime yinelenmeleri kontrol edilmekte ve tepkimeler yeniden numaralanmaktadır.

Program süresince hesaplanan sisteme ait tüm veriler belli bir düzen içerisinde ekrana aktarılmakta ve istendiği takdirde yazıcıdan çıktı alınabilmektedir. Yazıcı komutları IBM yazıcısına göre düzenlenmiştir.

SCHREINEMAKERS YÖNTEMİNİN JEOLOJİYE UYGULANMASI

Daha önceki bölümlerde de açıklandığı gibi, Schreinemakers yöntemi sistemdeki tek değişkenli eğrilerin sadece birbirlerine göre göreceli konumlarını vermekte, şemadaki değişmez noktanın yeri, tek değişkenli eğrilerin eğimleri, birbirleri arasındaki gerçek açı değerleri ve şemanın ayna görüntülerinin seçimi gibi sorunlara yanıt verememektedir. Bu nedenle bu tür sistemlerin deneysel çalışılmış eğrilerle desteklenmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra özellikle P/T diagramlarında sistemdeki minerallere ait entropi ve hacim değerlerinin bulunması durumunda "Klapayron Denklemi" yardımıyla eğrilerin gerçek eğim açıları hesaplanabilmektedir.

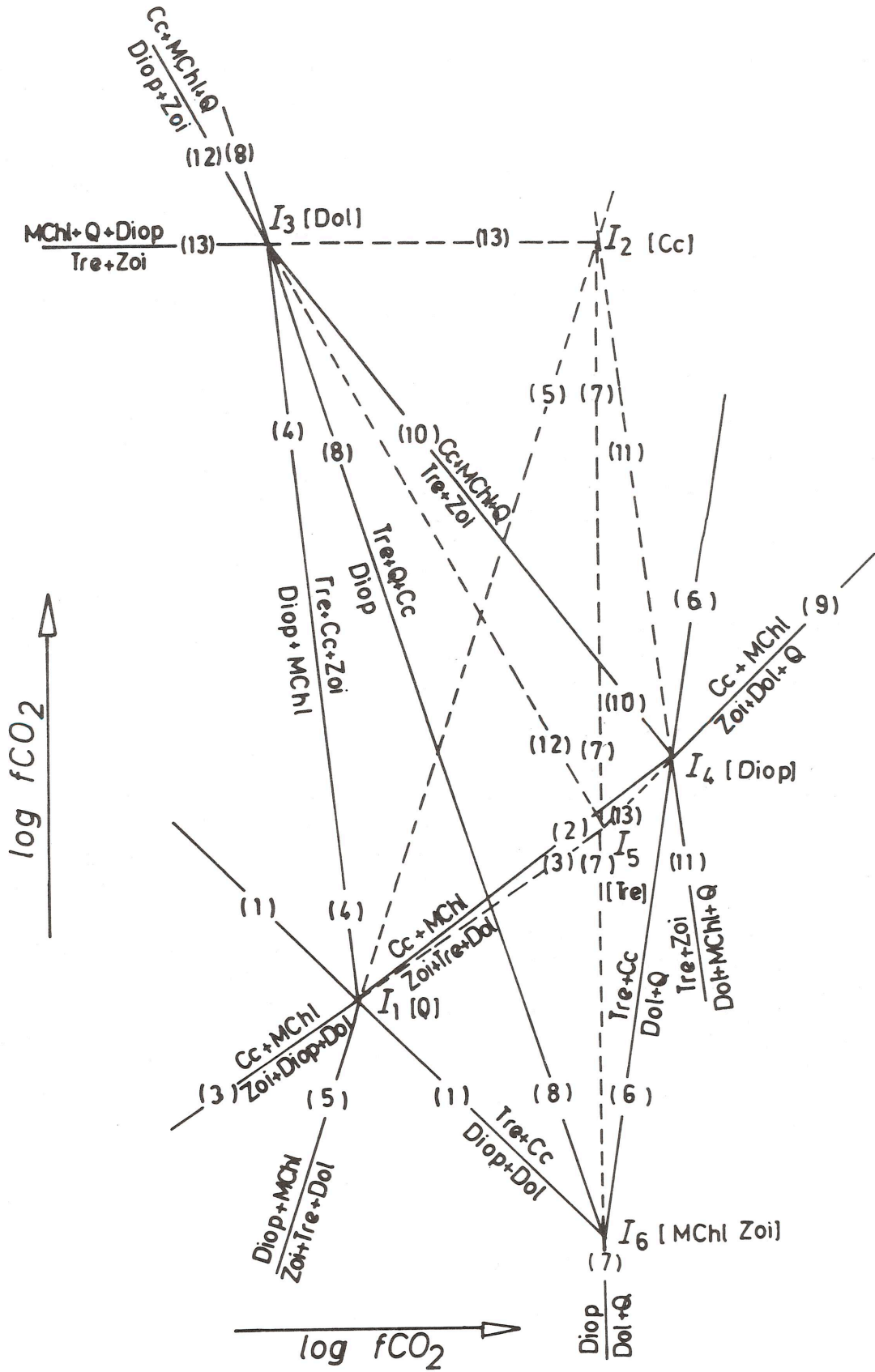
Yukarıda açıklanan temel bilgilerin ışığı altında eksenlerinde P/T, kimyasal potansiyel (μ) ve log f gibi değişkenlerin bulunduğu diagramlar çizilebilmektedir. Schreinemakers yöntemine göre düzenlenmiş bu sistemlerden jeolojinin birçok dalında yararlanmak mümkün olmaktadır. Bunlardan özellikle metamorfik alanlarda minerallerin ortaya çıkış ve kayboluşu, oluşan yeni duraylı mineral topluluklarının saptanması gibi, bölgenin metamorfik evrimi ile yakından ilgili soruları petrografik verilerin de desteğiyle bu yöntemle açıklanabilmektedir.

Basit veya karmaşık sistemlerin çözümü için hazırlanan bilgisayar programının çalışılabilirliğini göstermek amacıyla, daha önce doğada incelenmiş olan bir sistem örnek olarak ele alınmış ve jeolojik yorumuna değinilmeksizin, önerilen program ile yeniden çözülmüştür. Bernroider ve Höck (1983) tarafından metaserpantinitle içerisinde gözlenen sistem "CaO - MgO - SiO₂-Al₂O₃" bileşenlerinden (ayrıca CO₂ ve H₂O sistemde ek bileşen olarak bulunmakta) ve "Diopsit - Tremolit-Zoisit -Mg-Klorit-Kalsit-Dolomit-Kuvars fazlarından" oluşmaktadır. Bu sistemdeki fazların ideal formülleri ve bir tetrader içerisindeki yerleri Şekil 9'da verilmektedir. Doğadaki gerçek tepkimelerin bulunmasında minerallerin ideal formüllerinin yerine o bölgedeki gerçek kimyasal bileşimlerinin bilinmesi gerekmektedir. Fakat bunun mümkün olmadığı durumlarda, bu çalışmada da olduğu gibi, klasik mineral formülleri de kullanılabilir.

Sistemdeki faz ve bileşen sayısından da anlaşılacağı gibi sistemin serbestlik derecesi eksi bir (F: -1) dir. Bu durumda, kombinasyon formülüne göre sistemde 7 tane değişmez nokta ve 21 tane birbirinden ayrı tepkime ve farklı eğime sahip tek değişkenli eğri bulunması gerekmektedir.

Bu tür çok değişmez noktalı sistemlerin çözümünde bilgisayar programının kullanılmadığı durumlarda, önce ana sisteme ait alt sistemler oluşturulur. Bu her bir alt sistem "Tek Değişmez Noktalı Basit Sistemler" olarak ele alınır ve matris veya geometrik yöntemlerle sisteme ait tepkimeler yazılarak tek değişkenli eğri şemaları çizilir. Çözümü yapılan bu alt sistemler daha sonra Schreinemaker yöntemine göre bir ana şema üzerinde biraraya getirilir. Sistemde yalınlığı ve kolay anlaşılabilirliği sağlayabilmek amacıyla ana şemadaki gereksiz görülen bölgeler atılarak "Yalınlaştırılmış Şema" elde edilir ve bu son şema üzerinde amaca yönelik yorumlar yapılır.

Yukarıda bileşen ve fazları verilen -1 serbestlik derecesine sahip sisteme ait 7 alt grubun tepkimelerinin bilgisayar programı ile gerçekleştirilen çözümleri Ek-2 de verilmektedir. Daha sonra bu 7 alt gruba ait tek değişkenli eğri şemaları, eksenlerinde log f CO₂/log f H₂O bulunan bir diagramda Schreinemakers yöntemine göre biraraya getirilerek sisteme ait ana şema elde edilmiştir (Şekil 10). Bu şemada da görüldüğü gibi, idealde bulunması gereken değişmez nokta sayısı [Mg-Chl] ve [Zo] alt topluluklarındaki soysuzlaşma nedeniyle yediden altıya düşmüş, ayrıca [Tr] ve [Cc] değişmez noktaları da, yarı duraylı eğrilerin kesişmeleriyle oluştuğundan, yarı duraylı noktalar



Şekil-10. Ana sistemin tek değişkenli eğri şeması.
Figure-10. Univariant curve scheme of the main system.

olarak ortaya çıkmıştır. Yine sistemte bulunması gereken birbirinden farklı eğime sahip tek değişkenli eğri sayısı (aynı zamanda tepkime sayısı) çeşitli soysuzlaşmalar nedeniyle 21 den 13'e inmiştir. Ek-2'de de görüleceği gibi, söz konusu program yardımıyla tek işlemle basit veya karmaşık sistemlere ait tüm ana veriler, tepkimeler ve soysuzlaşmalar, üzerinde ek bir işlem yapmaya gerek kalmaksızın elde edilebilmektedir.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada önce Schreinemakers yönteminin kısa bir açıklaması yapılarak, birden dörde kadar bileşen kapsayan sistemlerin geometrik gösterim şekilleri özetlenmiştir. Tepkime yazım kuralları üzerinde durularak, soysuzlaşmaların nedenlerine değinilmiştir. Sistemlerde bulunması gereken ana elemanların hesabında, kombinasyon eşitliğinden nasıl yararlandığı, basit ve karmaşık sistemlerde örneklerle sergilenmiştir.

Schreinemakers yöntemine dayalı çok bileşenli sistemlerin çözümü amacıyla önerilen program BASIC dilinde olup IBM-PC makinaları için hazırlanmıştır. Serbestlik derecesi en fazla -3 (F : -3) olan sistemlere uygulanabilen programda tepkimeler "Gauss-Jordan Eliminasyon Yöntemi"ne dayalı matris çözümleriyle hesaplanmaktadır. Programın yazım mantığında CO₂ ve H₂O nun her zaman sistemde bulunabileceği ve bunların sistemin faz ve bileşen sayısını etkilemeyeceği kabul edilmiştir. Bu yolla hem sistemin bileşen sayısı azaltılabilmekte hem de tepkimelerin denkleştirilmesinde ek işlemlere gerek kalmamaktadır.

Önerilen bu programla işlemleri haftalarca sürebilecek karmaşık sistemlerin çözümleri çok kısa sürelerde gerçekleştirilebilmekte ve tüm olası sistemler denenerak çalışılan bölge için en uygun şema elde edilebilmektedir. Önerilen programın diğer bir üstün yanı, bir sistemde hesaplanması gereken tüm verilerin yanı sıra, alt sistemleri ve çeşitli soysuzlaşmalardan kaynaklanan tepkime yinelenmelerini, üzerinde başka işlem yapmaya gerek kalmaksızın verebilmesidir. Yine bu program yardımıyla, çeşitli yayınlarda sıkça rastlanan Schreinemakers yöntemiyle saptanmış şemaların, incelenen bölgelerden elde edilen şemalarla karşılaştırılabilmesi ve yazarların sonuca varmak için izledikleri adımların ayrıntılarıyla belirlenebilmesi mümkün olmaktadır.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Bernroider, M ve Höck, V., 1983, Metamorphose der Serpentin - Randsteine im Obersten Möltal (Kärnten, Österreich). Karinthin, 89, S. 51-71, Salzburg/Österreich.
- Candan, O., 1988, Demirci-Borlu Arasında Kalan Yörenin (Menderes Masifi Kuzey Kanadı) Petrografisi, petrolojisi ve Mineralojisi. D.E.Ü.Müh.Mim.Fak.Jeo.Müh.Böl. (Doktora tezi) 156 s., Yayınlanmamış
- Dora, O.Ö., Candan, O., 1989-a, Schreinemakers Yöntemine Göre Kuramsal Mineral İlişkileri. Eğitim Yayınları (Hazırlanmakta).
- Dora, O. Ö ve Candan, O., (baskıda) Schreinemakers Yönteminin Menderes Masifi'nin Kuzey Kanadında, Demirci-Borlu Arasında Kalan Bir Alana Uygulanması. Hacettepe Üniversitesi, Yer Bilimleri Dergisi.
- Korzhinskii, D.S, 1959, Physicochemical Basis of the Analysis of the Paragenesis of Minerals. New York, consultants Bureau. Inc., 142 p.
- Morey, G., 1936, The Phase Rule and Heterogeneous Equilibrium, in F.G. Donnan and Arthur Haas, Eds., A commentary on the Scientific Writings of J. Williard Gibbs, v.1, Thermodynamics: New Haven, Yale University Press, p. 233-293.
- Morey, G.W ve Williamson, E.D., 1918, Pressure-Temperature e Curves in Univariant Systems. Am. Chem. Soc. Your., v. 40, p.59-84.
- Niggli, P., 1930, P-T Diagramme für bestimmte Phasenzahl: Chemie der Erde v.5, p.201-224.
- Niggli, P., 1954, Rocks and Mineral Deposits (English Translation). San Francisco. W.H.Freeman und Co., 559 p.
- Schreinemakers, F.A.H., 1915-1925, In-, Mono-, and Divariant Equilibria. Koninkl. Akad. Wetenschappen te Amsterdam Proc., English ed., v.18-28 (seriden seçilmiş 29 makale)
- Zen, E., 1966, Construction of Pressure-Temperature Diagrams for Multicomponent Systems After the Method of Schreinemakers A Geometric Approach. U.S.Geol. Surv. Bull. 1225, 1-56.

Ek-1. Schreinemaker's yöntemine göre çok bileşenli karmaşık sistemlerin çözümü için önerilen program.

Appendix-1. Computer programme suggested for the calculation of the multicomponent systems by the Schreinemaker's method.

```
1 '*****'
2 '***** SCHREINEMAKERS YÖNTEMIYLE ÇOKBİLEŞENLİ KARMAŞIK *****'
3 '***** SİSTEMLERİN ÇÖZÜMÜ *****'
4 '*****'
5 '***** Programı yazan :Yılmaz GÜLTEKİN *****'
6 '***** Yöntemi yorumlayan :Osman CANDAN *****'
7 '***** Dokuz Eylül Üniversitesi MÜh. Mim. Fak. *****'
8 '*****'
9 ' PROGRAM AKIŞ ŞEMASI
10 ' [ 160-200 ] Verilerin girişi
11 ' [ 210-230 ] Bileşenlerin saptanması
12 ' [ 240 ] Serbestliğin saptanması
13 ' [ 250-270 ] Net denklem sayısının hesaplanması
14 ' [ 280-310 ] Verilen faz ve saptanan bileşenlerin dökümü
15 ' [ 320-640 ] Ana sistemin serbestlik derecesine göre oluşan
16 ' alt sistemlerin olası kombinasyonu hesabı
17 ' [ 650-870 ] Tepkimelerin determinant yöntemi ile çözümü
18 ' [ 880-900 ] Tepkimelerdeki katsayıların sağlanması
19 ' [ 910-1060 ] Determinant çözümlerinin denklem şekline dönüşümü
20 ' [ 1070-1160 ] Soysuzlaşma nedeniyle kaynaklanabilecek tepkime tekrarlan-
21 ' maları ve ideal denklem sayısındaki azalmalara göre toplam
22 ' tepkimelerin yeniden numaralandırılması
23 ' [ 1170-1850 ] Çözümlerin ekrana aktarılması
24 ' [ 1860-2530 ] Çözümlerin yazıcıya aktarılması
25 ' [ 5000-5680 ] Program içerisinde kullanılan sabrutinler
26 ' [ 6000-7120 ] Datalar
50 ' PROGRAMDA KULLANILAN DEĞİŞKENLERİN MANALARI
51 ' A$ Mineralleri meydana getiren elementlerin katsayıları
52 ' AD$ Minerallerin kısaltmaları
53 ' AF$ Tepkimeye girmeyen mineral veya mineraller
54 ' AFR$ Minerallerin kapalı formülleri
55 ' AIS$ Minerallerin isimleri
56 ' AO$ H2O-CO2-MgO...gibi bileşenlerin formülleri
57 ' ARO$ Alt sistem numaraları (Romen rakamları halinde)
58 ' C$ Kombinasyondan sonra tepkimeye giren mineraller
59 ' DNK$ Sistemde çözülmüş denklemler
60 ' EBL Sistemdeki bileşenlerin kodları
61 ' ED Kombinasyondan sonra kurulacak denklemlerin numaraları
62 ' ENET Sistemdeki farklı toplam tepkime sayısı
63 ' FAZ Sistemi oluşturan mineral sayısı
64 ' FC Sistemi oluşturan minerallerin kodları
65 ' FE Serbestlik derecesi-1
66 ' FF Sistemin serbestlik derecesi
67 ' IASS Alt sistem sayısı
68 ' ILES Sistemin bileşen sayısı
69 ' NET İdeal koşullarda oluşabilecek toplam denklem sayısı
70 ' NK Oluşan alt sistemlerdeki toplam tepkime sayısı
71 ' RGM Tepkimeye giren mineral sayısı
72 ' XA,X,Y,XY Matris çözümünde kullanılan değişkenler
```

```

100 DEFSTR A-D,T:DEFINT E-N,R :DEFDBL X:DEFSNG Y
110 DIM A$(88), AD$(88), AIS$(88), AFR$(88), ARO$(100), FC(15), AO$(13), EBL(10)
120 FOR N=1 TO 14:FOR I=1 TO 73 :READ B$:A$(I)=A$(I)+B$:NEXT I:NEXT N
130 FOR N=1 TO 73 :READ AD$(N):NEXT N:FOR N=1 TO 13:READ AO$(N):NEXT N
140 FOR N=1 TO 73 :READ AIS$(N):NEXT N:FOR N=1 TO 73:READ AFR$(N):NEXT N
150 FOR N=1 TO 89:READ ARO$(N):NEXT N:CLS
160 FOR N=1 TO 88:KOD=N:GOSUB 5160:PRINT N;".....: "; AD$(N):NEXT N
170 LOCATE 23,1:INPUT "SİSTEMDEKİ TOPLAM FAZ SAYISI ";FAZ
180 FOR N=1 TO FAZ:GOSUB 5150:LOCATE 23,1
190 INPUT "SİSTEMDE KULLANILACAK FAZLARIN KODLARI ";KOD:FC(N)=KOD
200 GOSUB 5160:COLOR 0,7:PRINT KOD;".....: ";AD$(KOD):COLOR 7,0:NEXT N
210 E=0:FOR N=7 TO 27 STEP 2:FOR I=1 TO FAZ
220 IF VAL(MID$(A$(FC(I)),N,2))>0 THEN E=E+1:EBL(E)=(N-1)/2:I=FAZ
230 NEXT I:NEXT N:ILES=E
240 FF=FAZ-(E+2):IF FF>3 OR FF<0 THEN END
250 FE=FF+1:YNV=1:YBL=1:FOR N=FE TO FAZ:YNV=YNV*N:NEXT N:FOR N=2 TO FAZ-FF
260 YBL=YBL*N:NEXT N:YNV=YNV/YBL:NK=FAZ:IF FF>0 THEN NK=YNV*(FAZ-FF)
270 DIM AF$(NK), B$(NK), ED(NK), ENT(NK):IS=0
280 CLS:PRINT "SİSTEMDEKİ FAZLARIN LİSTESİ "
290 FOR N=1 TO FAZ:PRINT CHR$(96+N);" " ";AD$(FC(N)):NEXT N:PRINT
300 PRINT "SİSTEMDEKİ BİLEŞENLERİN LİSTESİ "
310 FOR N=1 TO E:PRINT AO$(EBL(N)):NEXT N
320 ON FF GOTO 350,400,450
330 FOR I=1 TO FAZ:AF$(I)=CHR$(96+I):ED(I)=I:B$(I)=AF$(I):NEXT I:EE=FAZ
340 GOTO 600
350 FOR I=1 TO FAZ:FOR J=1 TO FAZ
360 IF J=I THEN J=J+1
370 IF J>FAZ THEN GOTO 390
380 IS=IS+1:AF$(IS)=CHR$(96+I)+CHR$(96+J):NEXT J
390 NEXT I:GOTO 500
400 FOR I=1 TO FAZ-1:FOR J=I+1 TO FAZ:FOR K=1 TO FAZ
410 IF K=I OR K=J THEN K=K+1:GOTO 410
420 IF K>FAZ THEN GOTO 440
430 IS=IS+1:AF$(IS)=CHR$(96+I)+CHR$(96+J)+CHR$(96+K):NEXT K
440 NEXT J:NEXT I:GOTO 500
450 FOR I=1 TO FAZ-2:FOR J=I+1 TO FAZ-1:FOR K=J+1 TO FAZ:FOR L=1 TO FAZ
460 IF L=I OR L=J OR L=K THEN L=L+1:GOTO 460
470 IF L>FAZ THEN GOTO 490
480 IS=IS+1:AF$(IS)=CHR$(96+I)+CHR$(96+J)+CHR$(96+K)+CHR$(96+L):NEXT L
490 NEXT K:NEXT J:NEXT I
500 FOR N=1 TO NK:T$="":D$=AF$(N)
510 FOR I=1 TO FE:JJ=I:KOD=ASC(MID$(D$,I,1))
520 FOR J=1 TO FE:IF KOD>ASC(MID$(D$,J,1)) THEN JJ=J:KOD=ASC(MID$(D$,J,1))
530 NEXT J:MID$(D$,JJ,1)=CHR$(128):T$=T$+CHR$(KOD):NEXT I:B$(N)=T$:NEXT N
540 EE=1:NN=1
550 FOR I=NN TO NK:IF B$(NN)=B$(I) THEN ED(I)=EE:B$(EE)=B$(I)
560 NEXT I
570 NN=NN+1:IF NN<NK THEN IF ED(NN)>0 THEN GOTO 570
580 IF NN>NK THEN GOTO 600
590 IF NN<NK THEN EE=EE+1:GOTO 550
600 NET=EE:DIM C$(NET),DNK$(NET):FOR N=1 TO NET:T$="":E=1:FOR I=1 TO FAZ
610 IF E<FE+1 THEN IF MID$(B$(N),E,1)=CHR$(96+I) THEN E=E+1:GOTO 630
620 T$=T$+CHR$(96+I)
630 NEXT I:C$(N)=T$:NEXT N
640 FC(FAZ+1)=72:FC(FAZ+2)=73
650 FOR N=1 TO NET:GOSUB 5220:'**** Su-Karbondioksit kontrolu ****'
660 DIM XA(15,15),X(15,15),Y(15),XY(15)
670 GOSUB 5280:'**** Matris oluşturu elimine et ****'

```



```

680 '**** Köşegenlere Maksimumları koyma ****
690 FOR E=1 TO RGM-1:XX=ABS(X(E,E)):II=E:JJ=E:FOR J=E TO INET:FOR I=E TO RGM
700 IF ABS(X(J,I))>XX THEN XX=ABS(X(J,I)):II=I:JJ=J
710 NEXT I:NEXT J
720 IF JJ<>E THEN FOR I=1 TO RGM:SWAP X(JJ,I),X(E,I):NEXT I
730 IF II<>E THEN T$=MID$(C$(N),II,1):MID$(C$(N),II,1)=MID$(C$(N),E,1)
740 IF -II<>E THEN MID$(C$(N),E,1)=T$:FOR J=1 TO INET:SWAP X(J,II),X(J,E):NEXT J
750 FOR J=E+1 TO INET:FOR I=E TO RGM:XA(J,I)=X(E,E)*X(J,I)-X(J,E)*X(E,I)
760 NEXT I:NEXT J
770 FOR J=E+1 TO INET:FOR I=1 TO RGM:X(J,I)=XA(J,I)/X(E,E):NEXT I:NEXT J
780 NEXT E:FOR I=1 TO RGM-1:IF ABS(X(I,I))<.000001 THEN GOSUB 5210:GOTO 1050
790 NEXT I:Y(RGM)=0
800 FOR J=RGM-1 TO 1 STEP -1:XX=0:FOR I=J+1 TO RGM-1:XX=XX+XY(I)*X(J,I):NEXT I
810 XY(J)=(-X(J,RGM)-XX)/X(J,J):NEXT J
820 REM **** Katsayıları tam sayıya çevirme ****
830 XT=XY(1):Y(RGM)=1:FOR I=1 TO RGM-1
840 E=0:IF ABS(XY(I))<.0001 THEN XY(I)=0:XT=0
850 E=E+1:YX=XT*E:IF YX=INT(YX) THEN Y(RGM)=Y(RGM)*E:XT=XY(I+1)*Y(RGM):GOTO 870
860 GOTO 850
870 NEXT I:FOR I=1 TO RGM-1:Y(I)=XY(I)*Y(RGM):NEXT I
880 GOSUB 5280:FOR J=1 TO INET:XX=0:FOR I=1 TO RGM:XX=XX+Y(I)*X(J,I):NEXT I
890 IF INT(XX)<>0 THEN GOSUB 5210:GOTO 1050
900 NEXT J
910 FOR I=1 TO RGM:JJ=I:KOD=ASC(MID$(C$(N),I,1)):FOR J=I TO RGM
920 IF KOD>ASC(MID$(C$(N),J,1)) THEN JJ=J:KOD=ASC(MID$(C$(N),J,1))
930 NEXT J:T$=MID$(C$(N),I,1)
940 MID$(C$(N),I,1)=CHR$(KOD):MID$(C$(N),JJ,1)=T$:SWAP Y(I),Y(JJ):NEXT I
950 FOR I=1 TO RGM:KOD=FC((ASC(MID$(C$(N),I,1))-96))
960 IF (KOD=72 OR KOD=73) AND Y(I)>0 THEN GOTO 980
970 NEXT I:GOTO 990
980 FOR J=1 TO RGM:Y(J)=-Y(J):NEXT J
990 E=0:FOR I=1 TO RGM:IF Y(I)>0 AND E=1 THEN DNK$(N)=DNK$(N)+"+"
1000 IF Y(I)>0 THEN E=1:GOSUB 5180
1010 NEXT I:DNK$(N)=DNK$(N)+CHR$(196)+CHR$(196)+">"
1020 E=0:FOR I=1 TO RGM:IF Y(I)<0 AND E=1 THEN DNK$(N)=DNK$(N)+"+"
1030 IF Y(I)<0 THEN E=1:GOSUB 5180
1040 NEXT I
1050 PRINT USING "### )=&";N;DNK$(N)
1060 ERASE XA,X,XY,Y:NEXT N
1070 T$=""'Absolutely indifferent phase'' konumunda":N=1:J=1
1080 IF DNK$(ED(N))=T$ THEN GOTO 1150
1090 FOR I=N TO NK:IF DNK$(ED(N))=DNK$(ED(I)) THEN ENT(I)=J
1100 NEXT I
1110 N=N+1:IF N=<NK THEN IF ENT(N)>0 THEN GOTO 1110
1120 IF N=<NK THEN J=J+1
1130 IF N=<NK THEN GOTO 1080
1140 ENET=J:GOTO 1170
1150 FOR I=N TO NK:IF T$=DNK$(ED(I)) THEN ENT(I)=0
1160 NEXT I:J=J-1:GOTO 1110
1170 CLS
1180 PRINT "*****"
1190 PRINT "***** A N A S İ S T E M *****"
1200 PRINT "*****"
1210 PRINT SPC(55)" TARİH :";DATE$:PRINT SPC(55)" SAAT :";TIME$
1220 PRINT :PRINT SPC(20)"FAZLAR"SPC(30)"BİLEŞENLER"
1230 FOR N=1 TO 46:PRINT CHR$(196);:NEXT N
1240 PRINT SPC(10);:FOR N=1 TO 10:PRINT CHR$(196);:NEXT N:PRINT
1250 FOR N=1 TO FAZ:PRINT USING "(& &";AD$(FC(N));AIS$(FC(N));

```

```

1260 PRINT TAB(30);AFR$(FC(N));:PRINT TAB(60);AO$(EBL(N)):NEXT N:PRINT :PRINT
1270 PRINT SPC(12)"** ANA SİSTEMİN FAZ,BİLEŞEN VE SERBESTLİK DERECESEİ **"
1280 PRINT :PRINT SPC(30)"P (Faz).....";FAZ
1290 PRINT SPC(30)"C (Bileşen).....";ILES
1300 PRINT SPC(30)"F (Serbestlik)...";-FF:PRINT:PRINT
1310 IF FF=0 THEN GOTO 1650
1320 PRINT SPC(12)"** ANA SİSTEMDE BULUNMASI GEREKEN ELEMANLAR **"
1330 PRINT:PRINT SPC(18)"*) Sistemdeki toplam faz sayısı.....";FAZ
1340 IASS=1:FOR I=ILES+3 TO ILES+2+FF:IASS=IASS*I:NEXT I:E=1:FOR I=1 TO FF
1350 E=E*I:NEXT I:IASS=IASS/E
1360 PRINT SPC(18)"*) Sistemdeki değişmez nokta ve "
1370 PRINT SPC(21)"alt sistem sayısı.....";IASS
1380 PRINT SPC(18)"*) sistemdeki farklı eğime sahip tek"
1390 PRINT SPC(21)"değişkenli eğri ve tepkime sayısı.....";NET
1400 PRINT SPC(18)"*) Sistemdeki her eğri üzerinde bulunması"
1410 PRINT SPC(21)"gereken değişmez nokta sayısı.....";FE
1420 PRINT:PRINT
1430 PRINT SPC(12)"** HER BİR ALT SİSTEMDE BULUNMASI GEREKEN ELEMANLAR **"
1440 PRINT:PRINT SPC(18)"*) Alt sistemlerdeki değişmez nokta sayısı.....";1
1450 PRINT SPC(18)"*) Her bir alt sistemdeki farklı eğime"
1460 PRINT SPC(21)"sahip tek değişkenli eğri,iki değişkenli"
1470 PRINT SPC(21)"alan ve tepkime sayısı.....";FAZ-FF
1480 XX=((ILES+1)*(ILES+2))/2
1490 PRINT SPC(18)"*) Her bir alt sistemdeki iki değişkenli"
1500 PRINT SPC(21)"alanlar içerisindeki birbirinden farklı"
1510 PRINT SPC(21)"toplam parajenez sayısı.....";XX
1520 PRINT:PRINT
1530 PRINT SPC(18)"*) Alt sistemlerin değişmez noktalarındaki "
1540 PRINT SPC(21)"faz sayısı.....";FAZ-FF
1550 PRINT SPC(18)"*) Alt sistemlerdeki eğriler üzerinde"
1560 PRINT SPC(21)"bulunması gereken faz sayısı.....";FAZ-FE
1570 PRINT SPC(18)"*) Alt sistemlerdeki iki değişkenli alanlar"
1580 PRINT SPC(21)"içerisinde yer alan parajenezlerin "
1590 PRINT SPC(21)"içerdiği faz sayısı.....";FAZ-FE-1
1600 PRINT:PRINT
1610 PRINT SPC(12)"*** A L T S İ S T E M L E R İ N Ç Ö Z Ü M Ü ***"
1620 PRINT:PRINT:GOSUB 5470:PRINT:PRINT
1630 PRINT SPC(10)"** ANA SİSTEMDEKİ BİRBİRİNDEN FARKLI TOPLAM TEPKİMELELER **"
1640 PRINT:PRINT:GOSUB 5550:PRINT:PRINT:GOTO 1830
1650 PRINT SPC(12)"** SİSTEMDE BULUNMASI GEREKEN ELEMANLAR **":PRINT
1660 PRINT SPC(18)"*) Değişmez nokta sayısı.....";1
1670 PRINT SPC(18)"*) Farklı eğime sahip tek değişkenli eğri,iki"
1680 PRINT SPC(21)"değişkenli alan ve tepkime sayısı.....";FAZ-FF
1690 XX=((ILES+1)*(ILES+2))/2
1700 PRINT SPC(18)"*) İki değişkenli alanlar içerisindeki"
1710 PRINT SPC(21)"birbirinden farklı toplam parajenez sayısı.....";XX
1720 PRINT:PRINT
1730 PRINT SPC(18)"*) Değişmez noktadaki faz sayısı.....";FAZ-FF
1740 PRINT SPC(18)"*) Tek değişkenli eğriler üzerinde bulunması"
1750 PRINT SPC(21)"gereken faz sayısı.....";FAZ-FE
1760 PRINT SPC(18)"*) İki değişkenli alanlar içerisinde yer alan"
1770 PRINT SPC(21)"parajenezlerin içerdiği faz sayısı.....";FAZ-FE-1
1780 PRINT:PRINT

```



```

1790 PRINT SPC(12)"***** S İ S T E M İ N Ç Ö Z Ü M Ü *****"
1800 PRINT:PRINT:GOSUB 5470:PRINT:PRINT
1810 PRINT SPC(10)"** SİSTEMDEKİ BİRBİRİNDEN FARKLI TOPLAM TEPKİMELER **"
1820 PRINT:PRINT:GOSUB 5550:PRINT:PRINT
1830 PRINT SPC(16)"SONUÇLARIN ÇIKTISINI İSTİYORMUSUNUZ ? (E/H)"
1840 T$=INKEY$:IF T$<>"E" AND T$<>"H" THEN GOTO 1840
1850 IF T$="H" THEN END
1860 '***** PRINTER sabrutini *****
1870 GOSUB 5050:LPRINT "*****"
1880 LPRINT SPC(4)" A N A S İ S T E M "
1890 LPRINT "*****":GOSUB 5090
1900 LPRINT SPC(45)" TARİH :";DATE$:LPRINT SPC(45)" SAAT :";TIME$
1910 LPRINT :LPRINT SPC(20)"FAZLAR"SPC(30)"BİLEŞENLER"
1920 FOR N=1 TO 46:LPRINT CHR$(196);:NEXT N
1930 LPRINT SPC(10);:FOR N=1 TO 10:LPRINT CHR$(196);:NEXT N:LPRINT
1940 FOR N=1 TO FAZ:LPRINT USING "(& &";AD$(FC(N));AIS$(FC(N));
1950 LPRINT TAB(30);AFR$(FC(N));:LPRINT TAB(60);AO$(EBL(N)):NEXT N:LPRINT
1960 GOSUB 5070
1970 LPRINT:LPRINT SPC(6)"* ANA SİSTEMİN FAZ,BİLEŞEN VE SERBESTLİK DERECEİ *"
1980 GOSUB 5090:LPRINT SPC(24)"P (Faz).....";FAZ
1990 LPRINT SPC(24)"C (Bileşen).....";ILES
2000 LPRINT SPC(24)"F (Serbestlik).....";-FF:LPRINT:LPRINT
2010 IF FF=0 THEN GOTO 2340 ELSE GOSUB 5070
2020 LPRINT SPC(6)"** ANA SİSTEMDE BULUNMASI GEREKEN ELEMANLAR **"
2030 GOSUB 5090
2040 LPRINT SPC(9)"*) Sistemdeki toplam faz sayısı.....";FAZ
2050 LPRINT SPC(9)"*) Sistemdeki değişmez nokta ve "
2060 LPRINT SPC(12)"alt sistem sayısı.....";IASS
2070 LPRINT SPC(9)"*) Sistemdeki farklı eğime sahip tek"
2080 LPRINT SPC(12)"değişkenli eğri ve tepkime sayısı.....";NET
2090 LPRINT SPC(9)"*) Sistemdeki her eğri üzerinde bulunması"
2100 LPRINT SPC(12)"gereken değişmez nokta sayısı.....";FE
2110 LPRINT:LPRINT:GOSUB 5070
2120 LPRINT SPC(6)"*** HER BİR ALT SİSTEMDE BULUNMASI GEREKEN ELEMANLAR ***"
2130 GOSUB 5090
2140 LPRINT SPC(9)"*) Alt sistemlerdeki değişmez nokta sayısı....";1
2150 LPRINT SPC(9)"*) Her bir alt sistemdeki farklı eğime"
2160 LPRINT SPC(12)"sahip tek değişkenli eğri,iki değişkenli"
2170 LPRINT SPC(12)"alan ve tepkime sayısı.....";FAZ-FF
2180 LPRINT SPC(9)"*) Her bir alt sistemdeki iki değişkenli"
2190 LPRINT SPC(12)"alanlar içerisindeki birbirinden farklı"
2200 LPRINT SPC(12)"toplam parajenez sayısı.....";XX
2210 LPRINT:LPRINT
2220 LPRINT SPC(9)"*) Alt sistemlerin değişmez noktalarındaki "
2230 LPRINT SPC(12)"faz sayısı.....";FAZ-FF
2240 LPRINT SPC(9)"*) Alt sistemlerdeki eğriler üzerinde"
2250 LPRINT SPC(12)"bulunması gereken faz sayısı.....";FAZ-FE
2260 LPRINT SPC(9)"*) Alt sistemlerdeki iki değişkenli alanlar"
2270 LPRINT SPC(12)"içerisinde yer alan parajenezlerin "
2280 LPRINT SPC(12)"içerdiği faz sayısı.....";FAZ-FE-1
2290 LPRINT:LPRINT:GOSUB 5070
2300 LPRINT SPC(6)"**** A L T S İ S T E M L E R İ N Ç Ö Z Ü M Ü ****"
2310 GOSUB 5130:GOSUB 5370:LPRINT:LPRINT:GOSUB 5070
2320 LPRINT SPC(6)"*** ANA SİSTEMDEKİ BİRBİRİNDEN FARKLI TOPLAM TEPKİMELER ***"
2330 GOSUB 5130:LPRINT:GOSUB 5610:LPRINT CHR$(13):END
2340 GOSUB 5070:'F=0 ise yaz'

```

```

23.0 LPRINT SPC(6)"** SİSTEMDE BULUNMASI GEREKEN ELEMANLAR **"
236 GOSUB 5090
2370 LPRINT SPC(9)"*) Değişmez nokta sayısı.....";1
2380 LPRINT SPC(9)"*) Farklı eğime sahip tek değişkenli eğri,iki"
2390 LPRINT SPC(12)"değişkenli alan ve tepkime sayısı.....";FAZ-FF
2400 XX=((ILES+1)*(ILES+2))/2
2410 LPRINT SPC(9)"*) İki değişkenli alanlar içerisindeki"
2420 LPRINT SPC(12)"birbirinden farklı toplam parajenez sayısı.....";XX
2430 LPRINT:LPRINT
2440 LPRINT SPC(9)"*) Değişmez noktadaki faz sayısı.....";FAZ-FF
2450 LPRINT SPC(9)"*) Tek değişkenli eğriler üzerinde bulunması"
2460 LPRINT SPC(12)"gereken faz sayısı.....";FAZ-FE
2470 LPRINT SPC(9)"*) İki değişkenli alanlar içerisinde yer alan"
2480 LPRINT SPC(12)"parajenezlerin içerdiği faz sayısı.....";FAZ-FE-1
2490 LPRINT:LPRINT:GOSUB 5070
2500 LPRINT SPC(8)"***** S İ S T E M İ N Ç Ö Z Ü M Ü *****"
2510 GOSUB 5130:GOSUB 5370:LPRINT:LPRINT:GOSUB 5070
2520 LPRINT SPC(6)"** SİSTEMDEKİ BİR BİRİNDEN FARKLI TOPLAM TEPKİMELE **"
2530 GOSUB 5130:GOSUB 5610:END
5000 LPRINT CHR$(27);CHR$(73);CHR$(14);:RETURN 'MEKTUP KARAKTER 12 CPI'
5010 LPRINT CHR$(27);CHR$(73);CHR$(4);:RETURN 'DRAFT KARAKTER 10 CPI'
5020 LPRINT CHR$(27);CHR$(73);CHR$(22);:RETURN 'MEKTUP KARAKTER 17 CPI'
5030 LPRINT CHR$(27);CHR$(73);CHR$(6);:RETURN 'MEKTUP KARAKTER 10 CPI'
5040 LPRINT CHR$(27);CHR$(91);CHR$(64);CHR$(4);CHR$(0);CHR$(0);CHR$(0);CHR$(HG);
CHR$(WD);:RETURN
5050 '***** Çift genişlik çift yükseklik (10 PCI)*****'
5060 HG=34:WD=2:GOSUB 5030:RETURN
5070 '***** çift genişlik çift yükseklik (17 PCI) *****'
5080 HG=34:WD=1:GOSUB 5020:GOSUB 5040:RETURN
5090 '***** tek genişlik tek yükseklik (10 PCI) *****'
5100 HG=17:WD=1:GOSUB 5030:RETURN
5110 '***** tek genişlik tek yükseklik (10 PCI tek basımlı) *****'
5120 HG=17:WD=1:GOSUB 5010:GOSUB 5040:RETURN
5130 '***** tek genişlik tek yükseklik (12 PCI) *****'
5140 HG=17:WD=1:GOSUB 5000:GOSUB 5040:RETURN " :RETURN
5150 LOCATE 23,1:PRINT "
5160 XA=INT((KOD-1)/22):YY=KOD-22*XA:XX=XA*20+1:IF KOD<=9 THEN XX=XX+1
5170 LOCATE YY,XX:RETURN
5180 IF ABS(Y(I))=1 THEN DNK$(N)=DNK$(N)+" "
5190 IF ABS(Y(I))>1 THEN DNK$(N)=DNK$(N)+STR$(ABS(Y(I))+" "
5200 DNK$(N)=DNK$(N)+AD$(FC((ASC(MID$(C$(N),I,1))-96))):RETURN
5210 DNK$(N)=" 'Absolutely indifferent phase' konumunda":RETURN
5220 '**** Su-Karbondioksit kontrolü****'
5230 FOR J=1 TO 3 STEP 2:IN=0:FOR I=1 TO LEN(C$(N))
5240 IF VAL(MID$(A$(FC(ASC(MID$(C$(N),I,1))-96)),J,2))>0 THEN IN=IN+1
5250 NEXT I:IF IN>0 AND J=1 THEN C$(N)=CHR$(97+FAZ)+C$(N)
5260 IF IN>0 AND J=3 THEN C$(N)=CHR$(98+FAZ)+C$(N)
5270 NEXT J:RGM=LEN(C$(N)):RETURN
5280 '**** Matris oluşturma ****'
5290 FOR E=1 TO 27 STEP 2:J=(E+1)/2:FOR I=1 TO RGM
5300 X(J,I)=VAL(MID$(A$(FC(ASC(MID$(C$(N),I,1))-96)),E,2)):NEXT I:NEXT E
5310 INET=14
5320 JIK=0:DIM ER(15):FOR J=1 TO 14:FET=0:FOR I=1 TO RGM:FET=FET+ABS(X(J,I))
5330 NEXT I:IF FET=0 THEN JIK=JIK+1:ER(J)=1
5340 NEXT J:INET=14-JIK:J=1
5350 FOR E=1 TO 14:IF ER(E)=0 THEN FOR I=1 TO RGM:X(J,I)=X(E,I):NEXT I:J=J+1

```



```

5360 NEXT E:ERASE ER:RETURN
5370 T$="":E=1:FOR N=1 TO NK:IF T$<>MID$(AF$(N),1,FF) THEN GOTO 5390
5380 GOTO 5430
5390 LPRINT CHR$(13):GOSUB 5120
5400 LPRINT ARO$(E);". ALT TOPLULUK [";:FOR J=1 TO FF:IF J>1 THEN LPRINT "-";
5410 LPRINT AD$(FC((ASC(MID$(AF$(N),J,1))-96)));:NEXT J:LPRINT "]" ;CHR$(13)
5420 GOSUB 5130:T$=MID$(AF$(N),1,FF):E=E+1
5430 IF ENT(N)>0 THEN LPRINT USING "### -";ENT(N); ELSE LPRINT TAB(6);
5440 LPRINT USING "(& &";AD$(FC((ASC(MID$(AF$(N),FE,1))-96)));DNK$(ED(N))
5450 NEXT N:RETURN
5460 PRINT USING "    ## )= &";I;DNK$(ED(N)):I=I+1:RETURN
5470 T$="":E=1:FOR N=1 TO NK:IF T$<>MID$(AF$(N),1,FF) THEN GOTO 5490
5480 GOTO 5520
5490 PRINT ARO$(E);". Alt Topluluk [";:FOR J=1 TO FF:IF J>1 THEN PRINT "-";
5500 PRINT AD$(FC((ASC(MID$(AF$(N),J,1))-96)));:NEXT J:PRINT "]" :PRINT
5510 T$=MID$(AF$(N),1,FF):E=E+1
5520 IF ENT(N)>0 THEN PRINT USING "    ## -";ENT(N); ELSE PRINT TAB(9);
5530 PRINT USING " (& &";AD$(FC((ASC(MID$(AF$(N),FE,1))-96)));DNK$(ED(N))
5540 NEXT N:RETURN
5550 I=1:FOR N=1 TO NK:IF I=ENT(N) THEN GOSUB 5460
5560 NEXT N:PRINT:PRINT
5570 IF NET=ENET THEN RETURN
5580 PRINT SPC(10)"SİSTEMDEKİ TEK DEĞİŞKENLİ EĞRİ VE TEPKİME SAYISINDAKİ"
5590 PRINT SPC(10)"AZALMALAR SOYSUZLAŞMALARDAN KAYNAKLANMAKTADIR."
5600 RETURN
5610 I=1:FOR N=1 TO NK:IF I=ENT(N) THEN GOSUB 5680
5620 NEXT N:LPRINT:LPRINT
5630 IF NET=ENET THEN RETURN
5640 GOSUB 5070
5650 LPRINT SPC(4)"SİSTEMDEKİ TEK DEĞİŞKENLİ EĞRİ VE TEPKİME SAYISINDAKİ"
5660 LPRINT SPC(8)"AZALMALAR SOYSUZLAŞMALARDAN KAYNAKLANMAKTADIR."
5670 GOSUB 5090:RETURN
5680 LPRINT USING "    ## )= &";I;DNK$(ED(N)):I=I+1:RETURN
6000 '*****HİDROJEN*****'
6010 DATA 02,00,02,00,00,00,00,00,00,04,02,01,00,00,00,00,01,00,00,01,02,08,02
6020 DATA 00,02,00,00,00,02,00,03,00,00,00,00,04,04,08,00,04,00,00,02,02,08,02
6030 DATA 00,02,02,00,00,00,00,02,02,03,02,00,00,00,04,00,00,00,00,00,02,02
6040 DATA 00,01,02,00
6050 '*****KARBON*****'
6060 DATA 00,00,00,00,00,02,01,00,00,00,00,00,00,01,00,00,02,00,00,00,00,00,00
6070 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6080 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6090 DATA 00,00,00,01
6100 '*****OKSİJEN*****'
6110 DATA 24,08,24,12,08,06,03,05,05,09,02,02,03,03,06,06,02,05,03,13,12,18,07
6120 DATA 18,12,03,04,04,24,12,03,06,03,03,06,09,10,16,06,09,03,04,12,12,18,07
6130 DATA 18,12,12,08,04,08,01,12,12,14,12,12,02,02,09,08,03,05,05,04,12,12,24
6140 DATA 03,13,01,02
6150 '*****SODYUM*****'
6160 DATA 00,01,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6170 DATA 00,00,00,00,00,02,00,00,00,00,00,00,01,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6180 DATA 00,00,00,00,01,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6190 DATA 00,00,00,00
6200 '*****MAĞNEZYUM*****'
6210 DATA 07,00,05,00,00,00,00,00,00,03,01,00,00,00,01,01,00,00,01,00,00,00,00
6220 DATA 00,00,00,00,02,03,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,03,01,00,00,03,05,01
6230 DATA 02,01,00,00,00,00,01,03,00,00,00,03,00,00,03,00,00,00,00,01,00,03,05
6240 DATA 00,00,00,00

```



```

6250 '*****ALUMİNYUM*****'
6260 DATA 00,01,00,02,02,00,00,02,02,00,00,01,00,02,00,00,01,02,02
6270 DATA 04,04,00,00,00,02,02,01,00,00,00,01,02,02,02,01,00,00,03,01,02,02
6280 DATA 04,04,04,01,01,01,00,01,02,03,02,02,00,00,00,01,00,00,02,02,02,00,00
6290 DATA 00,03,00,00
6300 '*****SİLİSYUM*****'
6310 DATA 08,03,08,03,02,00,00,01,01,02,00,00,00,02,00,00,01,01,03,03,03,01
6320 DATA 05,02,01,01,01,08,03,00,02,00,00,02,02,02,04,02,02,00,00,03,03,03,01
6330 DATA 05,02,02,03,01,03,00,03,03,03,04,03,01,00,02,03,00,01,01,00,03,04,08
6340 DATA 01,03,00,00
6350 '*****FOSFOR*****'
6360 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6370 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6380 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6390 DATA 00,00,00,00
6400 '*****POTASYUM*****'
6410 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,01,00,00
6420 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,01,01,00,00
6430 DATA 00,00,00,01,00,01,00,01,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6440 DATA 00,00,00,00
6450 '*****KALSİYUM*****'
6460 DATA 00,00,02,00,01,01,01,00,00,00,00,00,01,00,01,01,00,00,00,02,00,00,00
6470 DATA 00,00,00,00,00,00,03,00,01,00,00,00,00,01,01,00,00,00,00,00,00,00,00
6480 DATA 00,00,01,00,00,00,00,00,02,02,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,02
6490 DATA 01,02,00,00
6500 '*****TİTANYUM*****'
6510 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6520 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6530 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6540 DATA 00,00,00,00
6550 '*****KROM*****'
6560 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6570 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6580 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6590 DATA 00,00,00,00
6600 '*****MANGAN*****'
6610 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6620 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6630 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6640 DATA 00,00,00,00
6650 '*****DEMİR*****'
6660 DATA 00,00,00,03,00,01,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,03,03,05,01
6670 DATA 02,01,01,02,00,00,00,00,01,02,01,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6680 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
6690 DATA 00,00,00,00
6700 '*****MİNERAL SİMGELERİ*****'
6710 DATA "Anth","Alb ","Act ","Alm ","An ","Ank ","Arg ","ASil","And ","Ant "
6720 DATA "Bru ","Boeh","Cc ","Cor ","Diop","Dol ","Dias","Dis ","Ens ","Epi "
6730 DATA "FBio","FChl","FChd","FCrd","FStu","Fs ","Fay ","For ","Glau","Grs "
6740 DATA "Gib ","Hed ","Hem ","Ilm ","Jad ","Kaol","Law ","Laum","Leuc","Liz "
6750 DATA "Mag ","Man ","Mus ","MBio","MChl","MChd","MCrd","MStu","Mar ","Mic "
6760 DATA "Neph","Orth","Per ","Phlg","Preh","Pump","Pyp ","Pyr ","Q ","Rut "
6770 DATA "Ser ","San ","Sid ","Sph ","Sill","Spn ","Sps ","Tc ","Tre ","Wol "
6780 DATA "Zoi ","H2O ","CO2 "
6790 '*****BİLEŞENLER*****'
6800 DATA "H2O","CO2","Na2O","MgO","Al2O3","SiO2","P2O5","K2O","CaO","TiO2"
6810 DATA "Cr2O3","MnO","FeO"

```


6820 '*****MİNERAL İSİMLERİ*****'
6830 DATA Anthophyllite,Albite,Actinolite,Almandine,Anorthite,Ankerite,Aragonite

6840 DATA Alimuno-silicate,Andalusite,Antigorite,Brucite,Boehmite,Calcite
6850 DATA Corendon,Diopside,Dolomite,Diaspore,Disthene,Enstatite,Epidote
6860 DATA Fe-Biotite,Fe-Chlorite,Fe-Chloritoid,Fe-Cordierite,Fe-Staurolite
6870 DATA Ferrosilite,Fayalite,Forsterite,Glaucophane,Grossularite,Gibbsite
6880 DATA Hedenbergite,Hematite,Ilmenite,Jadeite,Kaolinite,Lawsonite
6890 DATA Laumonitite,Leucite,Lizardite,Magnezite,Magnetite,Muscovite
6900 DATA Mg-Biotite,Mg-Chlorite,Mg-Chloritoid,Mg-Cordierite,Mg-Staurolite
6910 DATA Margarite,Microcline,Nepheline,Orthoclase,Periclase,Phlogopite
6920 DATA Prehnite,Pumpellite,Pyrophyllite,Pyrope,Quartz,Rutile,Serpentine
6930 DATA Sanidine,Siderite,Sphene,Sillimanite,Spinel,Spessartine,Talc
6940 DATA Tremolite,Wollastonite,Zoisite,Vapor,Carbondioksit
6950 '*****MİNERAL FORMÜLLERİ*****'
6960 DATA Mg7Si8O22(OH)2,NaAlSi3O8,Ca2Mg5Si8O22(OH)2,Fe3Al2Si3O12,CaAl2Si2O8
6970 DATA CaFe(CO3)2,CaCO3,Al2SiO5,Al2SiO5,Mg3Si2O5(OH)4,Mg(OH)2,AlO(OH),CaCO3
6980 DATA Al2O3,CaMgSi2O6,CaMg(CO3)2,AlO(OH),Al2SiO5,MgSiO3,Ca2Fe3Si3O12(OH)
6990 DATA KFe3Si3AlO12(OH)2,Fe5Al2Si3O10(OH)8,FeAl2SiO5(OH)2,Fe2Al4Si5O18
7000 DATA FeAl4Si2O10(OH)2,FeSiO3,Fe2SiO4,Mg2SiO4,Na2Al5Si8O22(OH)2
7010 DATA Ca3Al2Si3O12,Al(OH)3,CaFeSi2O6,Fe2O3,FeTiO3,NaAlSi2O6,Al2Si2O5(OH)4
7020 DATA CaAl2Si2O7(OH)2.H2O,CaAl2Si4O12.4H2O,KAlSi2O6,Mg3Si2O5(OH)4,MgCO3
7030 DATA Fe3O4,KAl3Si3O10(OH)2,KMg3Si3AlO12(OH)2,Mg5Al2Si3O10(OH)8
7040 DATA MgAl2SiO5(OH)2,Mg2Al4Si5O18,MgAl4Si2O10(OH)2,CaAl4Si2O10(OH)2
7050 DATA KAlSi3O8,NaAlSiO4,KAlSi3O8,MgO,KMg3AlSi3O10(OH)2,Ca2Al2Si3O10(OH)2
7060 DATA Ca2Al3Si3O11(OH)3,Al2Si4O10(OH)2,Mg3Al2Si3O12,SiO2,TiO2
7070 DATA Mg3Si2O5(OH)4,KAlSi3O8,FeCO3,CaTiSiO5,Al2SiO5,MgAl2O4,Mn3Al2Si3O12
7080 DATA Mg3Si4O10(OH)2,Ca2Mg5Si8O22(OH)2,CaSiO3,Ca2Al3Si3O12(OH),H2O,CO2
7090 '*****ALT SİSTEM NUMARALARI*****'
7100 DATA I,II,III,IV,V,VI,VII,VIII,IX,X,XI,XII,XIII,XIV,XV,XVI,XVII,XVIII,XIX
7110 DATA XX,XXI,XXII,XXIII,XXIV,XXV,XXVI,XXVII,XXVIII,XXIX,XXX,XXXI,XXXII
7120 DATA XXXIII,XXXIV,XXXV,XXXVI,XXXVII,XXXVIII,XXXIX,XL,XLI,XLII,XLIII,XLIV
7130 DATA XLV,XLVI,XLVII,XLVIII,XLIX,L,LII,LIII,LIV,LV,LVI,LVII,LVIII,LIX
7140 DATA LX,LXI,LXII,LXIII,LXIV,LXV,LXVI,LXVII,LXVIII,LXIX,LXX,LXXI,LXXII
7150 DATA LXXIII,LXXIV,LXXV,LXXVI,LXXVII,LXXVIII,LXXIX,LXXX,LXXXI,LXXXII
7160 DATA LXXXIII,LXXXIV,LXXXV,LXXXVI,LXXXVII,LXXXVIII,LXXXIX

ANA SİSTEM

TARİH :01-12-1980
SAAT :14:14:57

FAZLAR		BİLEŞENLER	
(Q)	Quartz	SiO ₂	MgO
(Mchl)	Mg-Chlorite	Mg ₅ Al ₂ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₈	Al ₂ O ₃
(Zoi)	Zoisite	Ca ₂ Al ₃ Si ₃ O ₁₂ (OH)	SiO ₂
(Diop)	Diopside	CaMgSi ₂ O ₆	CaO
(Tre)	Tremolite	Ca ₂ Mg ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂	
(Dol)	Dolomite	CaMg(CO ₃) ₂	
(Cc)	Calcite	CaCO ₃	

* ANA SİSTEMİN FAZ, BİLEŞEN VE SERBESTLİK DERECESESİ *

P (Faz).....: 7
C (Bileşen).....: 4
F (Serbestlik)...:-1

** ANA SİSTEMDE BULUNMASI GEREKEN ELEMANLAR **

- *) Sistemdeki toplam faz sayısı.....: 7
- *) Sistemdeki değişmez nokta ve alt sistem sayısı.....: 7
- *) Sistemdeki farklı eğime sahip tek değişkenli eğri ve tepkime sayısı.....: 21
- *) Sistemdeki her eğri üzerinde bulunması gereken değişmez nokta sayısı.....: 2

*** HER BİR ALT SİSTEMDE BULUNMASI GEREKEN ELEMANLAR ***

- *) Alt sistemlerdeki değişmez nokta sayısı....: 1
- *) Her bir alt sistemdeki farklı eğime sahip tek değişkenli eğri, iki değişkenli alan ve tepkime sayısı.....: 6
- *) Her bir alt sistemdeki iki değişkenli alanlar içerisindeki birbirinden farklı toplam parajenez sayısı.....: 15
- *) Alt sistemlerin değişmez noktalarındaki faz sayısı.....: 6
- *) Alt sistemlerdeki eğriler üzerinde bulunması gereken faz sayısı.....: 5
- *) Alt sistemlerdeki iki değişkenli alanlar içerisinde yer alan parajenezlerin içerdiği faz sayısı.....: 4

**** ALT SİSTEMLERİN ÇÖZÜMÜ ****

I. ALT TOPLULUK [Q]

- 1 -(Mchl) Tre + 3 Cc → 4 Diop+ Dol + H2O + CO2
1 -(Zoi) Tre + 3 Cc → 4 Diop+ Dol + H2O + CO2
2 -(Diop) 16 Zoi + 3 Tre + 105 Dol + 85 H2O → 24 Mchl+ 143 Cc + 67 CO2
3 -(Tre) 4 Zoi + 3 Diop+ 27 Dol + 22 H2O → 6 Mchl+ 38 Cc + 16 CO2
4 -(Dol) 4 Zoi + 27 Tre + 43 Cc → 6 Mchl+ 105 Diop+ 5 H2O + 43 CO2
5 -(Cc) 12 Zoi + 38 Tre + 43 Dol + 28 H2O → 18 Mchl+ 143 Diop+ 86 CO2

II. ALT TOPLULUK [Mchl]

- 1 -(Q) Tre + 3 Cc → 4 Diop+ Dol + H2O + CO2
(Zoi) 'Absolutely indifferent phase' konumunda
6 -(Diop) Tre + 3 Cc + 7 CO2 → 8 Q + 5 Dol + H2O
7 -(Tre) 2 Q + Dol → Diop+ 2 CO2
8 -(Dol) 2 Q + Tre + 3 Cc → 5 Diop+ H2O + 3 CO2
7 -(Cc) 2 Q + Dol → Diop+ 2 CO2

III. ALT TOPLULUK [Zoi]

- 1 -(Q) Tre + 3 Cc → 4 Diop+ Dol + H2O + CO2
(Mchl) 'Absolutely indifferent phase' konumunda
6 -(Diop) Tre + 3 Cc + 7 CO2 → 8 Q + 5 Dol + H2O
7 -(Tre) 2 Q + Dol → Diop+ 2 CO2
8 -(Dol) 2 Q + Tre + 3 Cc → 5 Diop+ H2O + 3 CO2
7 -(Cc) 2 Q + Dol → Diop+ 2 CO2

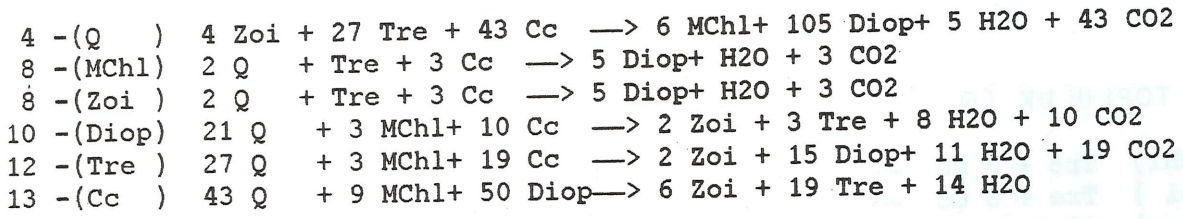
IV. ALT TOPLULUK [Diop]

- 2 -(Q) 16 Zoi + 3 Tre + 105 Dol + 85 H2O → 24 Mchl+ 143 Cc + 67 CO2
6 -(Mchl) Tre + 3 Cc + 7 CO2 → 8 Q + 5 Dol + H2O
6 -(Zoi) Tre + 3 Cc + 7 CO2 → 8 Q + 5 Dol + H2O
9 -(Tre) 3 Q + 2 Zoi + 15 Dol + 11 H2O → 3 Mchl+ 19 Cc + 11 CO2
10 -(Dol) 21 Q + 3 Mchl+ 10 Cc → 2 Zoi + 3 Tre + 8 H2O + 10 CO2
11 -(Cc) 143 Q + 9 Mchl+ 50 Dol → 6 Zoi + 19 Tre + 14 H2O + 100 CO2

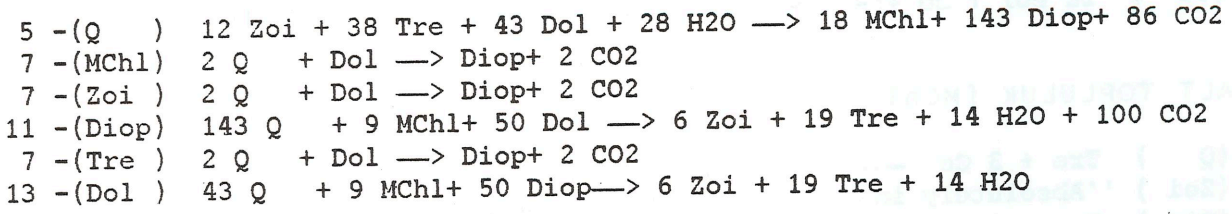
V. ALT TOPLULUK [Tre]

- 3 -(Q) 4 Zoi + 3 Diop+ 27 Dol + 22 H2O → 6 Mchl+ 38 Cc + 16 CO2
7 -(Mchl) 2 Q + Dol → Diop+ 2 CO2
7 -(Zoi) 2 Q + Dol → Diop+ 2 CO2
9 -(Diop) 3 Q + 2 Zoi + 15 Dol + 11 H2O → 3 Mchl+ 19 Cc + 11 CO2
12 -(Dol) 27 Q + 3 Mchl+ 19 Cc → 2 Zoi + 15 Diop+ 11 H2O + 19 CO2
7 -(Cc) 2 Q + Dol → Diop+ 2 CO2

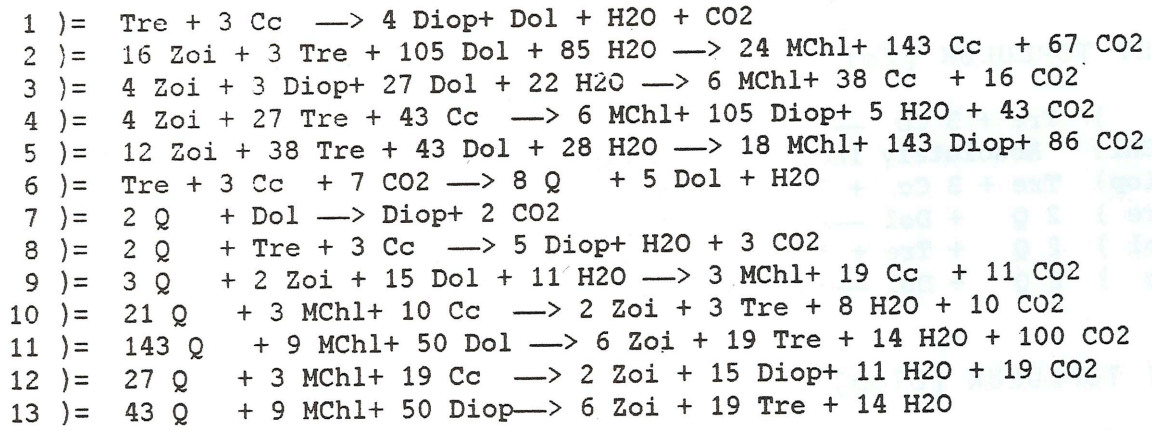
VI. ALT TOPLULUK [Dol]



VII. ALT TOPLULUK [Cc]



*** ANA SİSTEMDEKİ BİRBİRİNDEN FARKLI TOPLAM TEPKİMELEER ***



SİSTEMDEKİ TEK DEĞİŞKENLİ EĞRİ VE TEPKİME SAYISINDAKİ
AZALMALAR SOYSUZLAŞMALARDAN KAYNAKLANMAKTADIR.