

## Ekosistemlerde Enerji Akışı ve Sürdürülebilir Çevre



### Çoktan Seçmeli Sorular

### 1. (5 Puan)

Sürdürülebilir kalkınma; madde döngülerinin sürekliliğine, ekolojik dengenin korunmasına ve ekosistemdeki her bir canlı grubunun işlevinin devam etmesine dayanır. Madde döngüsündeki bir kırılma tüm sistemi etkiler.

**Bir ekolog, izole bir adada karbon döngüsünün kesintiye uğradığını, atmosferdeki CO<sub>2</sub> oranının hızla düştüğünü ancak topraktaki organik atık miktarının son üç yılda iki katına çıktığını tespit etmiştir. Araştırmada elde edilen ek verilerde, adadaki ortalama sıcaklığın değişmediği ve birincil tüketicilerin popülasyonlarında küçük bir azalma olduğu belirtilmektedir. Ekolog bu verileri sürdürülebilir kalkınma perspektifiyle incelediğinde, ekosistemin çökmesini engellemek için acil olarak hangi müdahaleyi planlamalıdır?**

- A) Topraktaki inorganik tuz oranını azaltmak için kimyasal gübre kullanımını yasaklamak
- B) Besin zincirini dengelemek amacıyla adaya dışarıdan ikincil tüketiciler getirmek
- C) Fotosentezi hızlandırmak için adaya daha fazla üretici bitki türü yerleştirmek

**D) Saprofit canlıların popülasyonunu destekleyecek ortam şartlarını yeniden oluşturmak**

**Açıklama:** Toprakta organik atık miktarının artması ve atmosfere verilen CO<sub>2</sub> miktarının düşmesi (fotosentez yapanlar tüketiyor ama ortama geri dönmüyor), ölü organizmaları ve atıkları parçalayarak karbonu sisteme geri kazandıran ayrıştırıcıların (saprofitlerin) faaliyetlerinin durduğunu gösterir. Sürdürülebilirliği sağlamak için bozulan halkanın onarılması, yani ayrıştırıcıların işlevinin geri getirilmesi gerekir.

### 2. (5 Puan)

Bir grup araştırmacı, kapalı bir sera ekosistemi tasarlamıştır. Seraya üretici bitkiler, otçul böcekler ve etçil kurbağalar konulmuş, sıcaklık 25°C, nem %60 olarak sabitlenmiş ve günlük 12 saat ışık verilmiştir. Sistem ilk 3 ay dengeli çalışmış, ancak 4. aydan itibaren bitkilerde sararma, büyümede durma ve toprakta biriken ölü canlı/atık miktarında aşırı artış gözlenmiştir. Aynı dönemde havadaki O<sub>2</sub> seviyesi %21'de kalırken, toprak analizinde nitrat ve fosfat minerallerinin sifıra yaklaştığı tespit edilmiştir.

**Sera içindeki verilerin analizi sonucunda, ekibin yaşadığı problemin temel nedeni ve çözüm yolu aşağıdakilerden hangisinde doğru değerlendirilmiştir?**

**A) Ayrıştırıcıların yokluğu organik atıkların parçalanıp inorganik maddelere dönüşmesini engellemiş, madde döngüsünü durdurmuştur; çözüm olarak mantar ve saprofit bakterisi eklenmelidir.**

B) Sorun karbon döngüsünün hızlanmasıdır; çözüm olarak seraya karbondioksit tüketen üretici bitki takviyesi yapılmalıdır.

C) Ayrıştırıcı faaliyetleri durduğu için topraktaki inorganik madde artışı fotosentezi durdurmuştur; çözüm olarak klorofil sentezleyici bakteriler eklenmelidir.

D) Azot bağlayıcı bakterilerin aşırı çoğalması toprakta organik madde birikimine neden olmuştur; çözüm olarak ortama azot tüketen tüketici canlılar eklenmelidir.

**Açıklama:** Sera ekosisteminde atıkların birikmesi ve topraktaki inorganik minerallerin (nitrat, fosfat) tükenmesi, sistemde ayrıştırıcı (saprofit) canlıların eksik olduğunu gösterir. Ayrıştırıcılar olmadan organik atıklar parçalanıp bitkilerin kullanabileceği inorganik maddelere dönüşemez ve madde döngüsü tıkanır. Bu durumun çözümü ayrıştırıcı eklemektir. Diğer seçenekler hatalı çıkarımlar veya yüzeysel gözlemler içerir.

### 3. (5 Puan)

Ekolojik piramitlerde trofik düzeyler arasında enerji akışı, biyolojik birikim ve birey sayısı ilişkileri, türler arası etkileşimleri belirler.

Deniz ekosistemini inceleyen bir araştırmacı, aynı ortamda yaşayan dört farklı canlının (X, Y, Z, T) dokularındaki DDT (tarım ilacı) birikimini ölçerek aşağıdaki grafiği elde etmiştir.

(Grafik verileri: T: 0.04 ppm, X: 0.5 ppm, Z: 2.0 ppm, Y: 13.8 ppm)

Araştırmacı, ortamın yıllık sıcaklık ortalamasının artmasıyla türlerin popülasyonlarında değişimler gözlemlemiştir. Yapılan bir tahmine göre, "Eğer X türünde ani bir salgın hastalık nedeniyle büyük bir ölüm yaşanırsa, Y türünün sayısında hemen bir artış, T türünün sayısında ise belirgin bir düşüş gözlenir."

Buna göre, araştırmacının yapmış olduğu tahminin ekolojik değerlendirmesi için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

A) Tahmin yanlıştır; biyolojik birikimi en az olan T türü üreticidir ve popülasyon büyüklüğü tüketici sayısındaki dalgalanmalardan etkilenmez.

B) Tahmin doğrudur; çünkü X türü azalır, onunla beslenen Y türünün besin rekabeti azalır ve üretici olan T türü hızla tükenir.

**C) Tahmin yanlıştır; biyolojik birikime göre besin zinciri  $T \rightarrow X \rightarrow Z \rightarrow Y$  şeklindedir. X azalır, Z'nin besini azalacağından Z azalır, bu da Y'nin de azalmasına neden olur.**

D) Tahmin doğrudur; biyolojik birikimi en yüksek olan Y türü, ortamdaki diğer türler üzerinde baskı kurarak her durumda sayıca artacaktır.

**Açıklama:** DDT gibi zehirli maddelerin dokulardaki birikimi (biyokonsantrasyon/biyolojik birikim) besin zincirinde üreticiden son tüketiciye doğru artar. Verilere göre biyolojik birikim sıralaması  $T (0.04) < X (0.5) < Z (2.0) < Y (13.8)$  şeklindedir. Bu durum besin zincirinin  $T \rightarrow X \rightarrow Z \rightarrow Y$  olduğunu gösterir (T üretici). Eğer X türü azalır, doğrudan X ile beslenen Z türü besin bulamayacağı için azalacaktır. Z azalır, Z ile beslenen Y türü de azalır. T türü ise (X onu yediği için) avcısı azaldığından artış gösterecektir. Bu nedenle tahmin, besin zincirindeki etkileşimleri ters yorumlamıştır.

### 4. (5 Puan)

Bir araştırma merkezinde kurulan tamamen kapalı biyosfer modelinde üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılar bulunmaktadır. Atmosferdeki gaz oranları ve sıcaklık dışarıdan kontrol edilebilmektedir. Sistem kendi içinde madde döngüsünü sağlamak üzere tasarlanmıştır.

**Kapalı bir yapay biyosfer deneyinde, ortamdaki sıcaklığın kazara 60°C'ye çıkması sonucu toprakta bulunan ve sadece organik atıkları ayrıştıran tüm bakteri ve mantar türleri ölmüştür. Ortamda bol miktarda su (H<sub>2</sub>O), karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve güneş ışığı bulunmasına rağmen, bir süre sonra sistemdeki bitkilerin fotosentez hızının yavaşladığı ve bitkilerin ölmeye başladığı gözlemlenmiştir. Araştırmacılar ortam sıcaklığını 25°C'ye düşürüp toprağa bol miktarda inorganik azot, fosfor ve potasyum (NPK) gübresi eklediklerinde, bitkilerin büyümesi tekrar normale dönmüştür. Bu deneye göre, ayrıştırıcıların sistemdeki asıl rolü ve başlangıçtaki sorunun kaynağı aşağıdakilerden hangisinde en doğru şekilde açıklanmıştır?**

A) Yüksek sıcaklık organik atıkların yapısını bozmuştur, ayrıştırıcıların asıl görevi bitkilere doğrudan organik besin sağlamaktır.

B) Ayrıştırıcıların yokluğunda ortamdaki oksijen miktarının tükenmesi fotosentezi durdurmuştur; gübre eklenmesi oksijen üretimini tetiklemiştir.

**C) Ayrıştırıcılar organik atıklardaki mineralleri serbest bırakmadığı için bitkiler topraktan inorganik tuzları alamamıştır; gübre bu eksikliği gidermiştir.**

D) Ayrıştırıcılar fotosentez için gerekli olan karbondioksiti üretememiştir; gübre eklenmesi topraktaki karbon miktarını artırmıştır.

**Açıklama:** Kapalı bir sistemde ayrıştırıcıların ölmesi durumunda ölü organizmalar ve organik atıklar parçalanamaz. Fotosentez için ışık, su ve karbondioksitin yanı sıra inorganik minerallere (azot, fosfor vb.) ihtiyaç vardır. Parçalanma durduğunda mineraller atıkların içinde hapis kalır ve bitkiler bu inorganik maddeleri topraktan alamaz. Deneyde inorganik gübre eklendiğinde sorunun çözülmesi, ayrıştırıcıların asıl görevinin organik atıkları bitkilerin kullanabileceği inorganik minerallere dönüştürmek olduğunu gösterir. Yüksek sıcaklık olayı tetikleyen nedendir ancak asıl hücresel veya ekolojik eksiklik inorganik madde döngüsünün kırılmasıdır.

### 5. (5 Puan)

Birleşmiş Milletler raporuna göre dört farklı ülkenin (X, Y, Z, W) kalkınma planları uygulanmıştır. Rapor detayları şöyledir:

- X Ülkesi: Organik atıkların tarımda kompost olarak kullanımını artırmak için teşvikler vermiştir. Son 5 yılda orman alanları %2 artmıştır.
- Y Ülkesi: Sanayi atık sularındaki fosforu geri kazanarak gübre üretimine geçmiştir. Yıllık enerji tüketimi %5 artmasına rağmen temiz su kaynakları korunmuştur.
- Z Ülkesi: Ekonomik büyümeyi hızlandırmak için orman arazilerini tarıma açmış, kimyasal gübre kullanımını %40 artırarak kısa vadede mahsul verimini %25 yükseltmiştir. Ancak yeraltı sularındaki azot oranı güvenli sınırın üzerine çıkmıştır.
- W Ülkesi: Nüfus artışını dengelemek amacıyla dış göçü sınırlamış, plastik ambalajları yasaklayarak biyobozunur malzemelere geçmiştir. (Göç politikası ekolojik veriden bağımsızdır).

**Bu planların uygulandığı dört ülkede 5 yıl sonra gözlemlenen ekolojik veriler tabloda verilmiştir. Verilere göre, hangi ülkenin izlediği politika sürdürülebilir kalkınma hedefleri ve madde döngülerinin işleyişiyle doğrudan ilişkilidir?**

**A) Z Ülkesi**

B) Y Ülkesi

C) X Ülkesi

D) W Ülkesi

**Açıklama:** Sürdürülebilir kalkınma, doğal kaynakların tüketim hızının yenilenme hızını aşmaması esasına dayanır. Z ülkesi ormanları tarıma açarak karbon döngüsünü bozmuş, aşırı kimyasal gübre (azot/fosfor) kullanımı ile azot döngüsüne müdahale ederek yeraltı sularını kirletmiştir. Kısa vadeli ekonomik büyüme (mahsul verimi) sağlansa da bu durum uzun vadede ekolojik yıkıma ve madde döngülerinin sekteye uğramasına neden olur. Y ülkesinde enerji tüketimi artsa da fosfor geri kazanımı döngüyü destekler. W ülkesindeki dış göç detayı çeldiricidir, biyobozunur madde kullanımı döngüyü destekler.

### 6. (5 Puan)

Bir biyoloji araştırmacısı kapalı bir sera ekosisteminde birbirleriyle etkileşimde olan K, X, Y ve Z canlı türlerini gözlemliyor. Araştırma verilerine göre; K canlısı kloroplast taşıyan ve popülasyon biyokütlesi en fazla olan türdür. Ortama Y canlısına etki eden ancak T adındaki ayrıştırıcılara zarar vermeyen seçici bir hastalık etkeni bırakılıyor ve Y canlısının sayısı hızla azalıyor. Ayrıca sisteme dışarıdan Z canlısı (Y'nin doğal avcısı) dâhil ediliyor. Serada sıcaklık ve nemin 12 hafta boyunca sabit (%70 nem, 25°C) tutulduğu ölçülmüştür.

**Deneyi yapan öğrenci, 12 haftalık ölçümler sonucunda Z canlısının sayısındaki büyük artışın, K canlısını doğrudan olumlu etkilediği sonucuna varıyor ve bunu raporluyor. Buna göre öğrencinin vardığı sonuç ve ekosistem dinamiği ile ilgili aşağıdaki değerlendirmelerden hangisi doğrudur?**

A) Öğrencinin sonucu K'nın fotosentez hızıyla doğrudan ilişkilidir, T'nin sayısının sabit kalması raporu destekler.

**B) Öğrenci yanılmaktadır; Z'nin artışı, Y'nin azalmasına neden olur ancak bu durum X üzerindeki avlanma baskısını azaltacağından X artar ve alt basamaktaki K canlısı hızla azalır.**

C) Öğrenci haklıdır; çünkü Z'nin artışı Y'yi azaltmış, bu da biyolojik birikimi azaltarak K'nın sayısını artırmıştır.

D) Öğrenci yanılmaktadır; Z'nin artışı Y'yi azaltırken X'i artırır, X'in artması biyokütlenin K'ya ulaşmasını engeller.

**Açıklama:** K canlısı fotosentetik olup (kloroplast taşıyan) en büyük biyokütleye sahip olduğundan üreticidir. K, X tarafından, X ise Y tarafından yenmekte; Z ise Y'yi yemektedir (Besin zinciri: K → X → Y → Z). Z'nin ortama girmesi Y canlısını (otçulun avcısı) baskılar veya azaltır. Y azalınca, onu besin olarak tüketen X (otçul) üzerindeki avlanma baskısı kalkar ve X popülasyonu hızla büyür. X sayısının artması, doğrudan K (üretici) üzerindeki tüketim baskısını artırır, böylece K azalır. Z'nin artışının K'yı artıracığı (veya doğrudan olumlu etkilediği) fikri besin zincirlerindeki dolaylı etki kuralına (av-avcı ilişkilerinin dalgalanması) aykırıdır.

## 7. (5 Puan)

Bir ekoloji araştırma istasyonu, sıcaklık ortalamasının 25°C, yıllık yağış miktarının 1200 mm olduğu izole bir ada ekosistemindeki besin zincirlerini 10 yıl boyunca gözlemlemiştir. Veriler, üreticilerden tüketicilere doğru gidildikçe enerjinin %10 kuralına uygun aktarıldığını, ancak ayrıştırıcı faaliyetlerinin her trofik düzeyde farklı yoğunlukta gerçekleştiğini göstermiştir.

Bir öğrenci, bir orman ekosistemindeki beş canlı türünden (K, L, M, N, P) oluşan ve ayrıştırıcıların da bulunduğu karmaşık bir besin ağını inceleyerek kendi oluşturduğu şu hipotezleri ileri sürüyor:

- I. P türünün ortamdan tamamen yok olması, üretici olan K türünün biyokütlesinde kesinlikle azalmaya yol açar.
- II. M türündeki biyolojik birikim L türünden fazlaysa, M türü enerji piramidinde L'ye göre güneş enerjisinden daha az pay almaktadır.
- III. Ayrıştırıcı mantar popülasyonunun aniden iki katına çıkması, ekosisteme giren toplam güneş enerjisi miktarını artırarak piramidin tabanını genişletir.
- IV. Eğer N türü hem bitkisel hem hayvansal besin tüketiyorsa, farklı besin zincirlerinde hem birinci hem de ikinci dereceden tüketici basamağında yer alıp farklı oranlarda enerji aktarımı olabilir.

Öğrencinin ekosistemdeki enerji ve madde akışı konusundaki değerlendirmelerinde hata yaptığı (yanlış olan) hipotezler aşağıdakilerden hangisidir?

**A) I ve III**

B) II ve IV

C) I ve II

D) III ve IV

**Açıklama:** I. P türünün yok olması durumunda K'nın (üretici) biyokütlesinin kesinlikle azalacağı söylenemez, bu karmaşık besin ağındaki P'nin rolüne (av/avcı) göre değişir, kesinlik içermesi yanlıştır. II. M'deki biyolojik birikim L'den fazlaysa M daha üst basamaktadır ve aktarılan enerji azalacağından L'ye göre daha az güneş enerjisi payı alır (Doğru). III. Ayrıştırıcılar ekosisteme dışarıdan enerji (güneş enerjisi) girişini artıramaz, sadece madde döngüsüne katkı sağlar (Yanlış). IV. Hepçil bir canlı olan N, yediği besine göre piramitte farklı basamaklarda yer alabilir ve buna bağlı olarak alacağı enerji miktarı değişir (Doğru). Öğrencinin hatalı olduğu hipotezler I ve III'tür.

## 8. (5 Puan)

Biyosfer projeleri, ekosistem dengesini anlamak için kapalı sistemlerde yapılan bilimsel deneylerdir. Bu sistemlerde enerji döngüsü devam etse de dışarıdan madde girişi tamamen kapalıdır.

**Kapalı bir ekosistem deneyi olan 'Biyosfer Z' projesinde, araştırmacılar sisteme üretici, tüketici ve ayrıştırıcı popülasyonları yerleştirmişlerdir. 6 ay sonra bitkilerin yapraklarında sararma, büyüme hızlarında yavaşlama tespit edilmiş ve atmosferdeki oksijen seviyesi beklenenden hızlı artmıştır. Ekosistemdeki toprağın pH değeri nötr olup ortam sıcaklığı 25°C'de sabit tutulmuştur. İncelemelerde topraktaki ölü organik madde miktarının hızla arttığı görülmüştür. Buna göre bu durumun nedeni ve sonucuna dair yapılan aşağıdaki değerlendirmelerden hangisi bilimsel olarak doğrudur?**

A) Üreticiler çok hızlı fotosentez yaparak ortamdaki inorganik mineralleri tüketmiş, böylece ayrıştırıcıların organik maddeyi parçalaması için gerekli olan enerji ortadan kalkmıştır.

B) Ayrıştırıcıların sayısındaki aşırı artış, topraktaki organik madde miktarını artırmıştır ve bu durum üreticilerin inorganik maddeye ulaşmasını engelleyerek madde döngüsünü durdurur.

**C) Ayrıştırıcı faaliyetlerinin durması veya çok azalması ölü atık birikimine yol açmış, inorganik maddeye dönüşüm durduğu için üreticiler ham madde yetersizliği yaşamıştır.**

D) Tüketicilerin hızla çoğalması sonucu ortamdaki oksijen seviyesi artmış, ayrıştırıcıların faaliyetleri baskılanarak inorganik mineral eldesi durmuştur.

**Açıklama:** Kapalı ekosistemdeki bitkilerin büyüme hızının düşmesi ve ölü organik madde birikimi, organik atıkları parçalayıp inorganik bileşiklere (minerallere) dönüştüren ayrıştırıcı canlıların yetersiz çalıştığını veya sayılarının azaldığını gösterir. Topraktaki pH veya sıcaklık değerleri kafa karıştırıcı bilgi (noise) olarak verilmiştir. Ayrıştırıcı faaliyeti durduğunda organik maddeler inorganik hale gelmez, bu yüzden üreticiler fotosentez için gereken inorganik ham maddeleri (azotlu tuzlar vb.) topraktan alamaz ve gelişimleri yavaşlar. Oksijen seviyesindeki artış, tüketicilerin azalması ya da ayrıştırıcıların solunumla O<sub>2</sub> tüketiminin durmasıyla ilişkili olabilir. Dolayısıyla, organik atık birikimi ile inorganik ham madde eksikliğini doğru ilişkilendiren analiz doğrudur.

### 9. (5 Puan)

Bir adadaki göl ekosisteminde yaşayan ve sadece birbirleriyle besin zinciri oluşturan P, R, S ve T canlı türleri üzerine bir araştırma yapılıyor. Beş yıllık izleme sonucunda elde edilen veriler şöyledir:

- Toplam biyokütlesi en fazla olan tür P, en az olan tür ise T'dir.
- S türünün biyokütlesi, R türünün biyokütlesinden fazladır.
- Ekosistemde yaşanan kuraklık döneminde ilk olarak P türünün üreme hızı düşmüş, ardından bu durum diğer türleri etkilemiştir.

(Araştırmacılar, türlerin yıllık göç verilerinin bu göl ekosistemi için sıfır olduğunu raporlamıştır.)

**Araştırmacının ulaştığı sonuçlara göre, oluşturulan besin zinciriyle ilgili aşağıdaki değerlendirmelerden hangisi yanlıştır?**

A) S türünün ortamdan tamamen yok olması durumunda, kısa vadede T türünün birey sayısında azalış, P türünün birey sayısında ise artış beklenir.

**B) Vücut büyüklükleri arasında  $R > P > S$  ilişkisi varsa, bu durum klasik ekoloji piramidi kurallarıyla çelişen istisnai bir parazit besin zincirine işaret eder.**

C) P, R, S ve T türlerinden oluşan enerji piramidinde, güneş enerjisinden dolayı olarak en az faydalanan grup T türüdür.

D) Ekosisteme dışarıdan kimyasal bir kirletici eklendiğinde, dokularında birim kütle başına en az toksin bulunduran canlı türü P olmalıdır.

**Açıklama:** Verilen bilgilerden biyokütle piramidi oluşturulduğunda, en alt basamakta (üretici) biyokütlesi en fazla olan P yer alır. Sıralama P (üretici) - S (1. tüketici) - R (2. tüketici) - T (3. tüketici) şeklindedir. Parazit besin zincirlerinde birey sayısı yukarı doğru artabilir, ancak genel kural olarak biyokütle her zaman yukarı doğru azalır. Bu nedenle P, S, R, T biyokütleyle göre dizilmiştir ve parazit besin zinciri istisnası genellikle birey sayısı piramitleri için geçerlidir, verilen soruda biyokütle (üreticiden tüketiciye azalır) kuralına uygundur.  $R > P > S$  vücut büyüklüğü klasik besin zinciri için çelişki yaratmaz, biyokütlesi en fazla olan P'dir.

### 10. (5 Puan)

Sürdürülebilir kalkınma ve ekolojik denge, doğal madde döngülerinin bütünlüğüne bağlıdır. Döngülerden birinin kırılması, diğerlerini de doğrudan veya dolaylı olarak etkiler.

Bir ekolog ekibi, X bölgesinde kapalı bir ekosistem deneyi tasarlıyor. Deneyde şu adımlar gerçekleştiriliyor:

- Sisteme atmosferik serbest azot ( $N_2$ ) ekleniyor, ancak toprakta nodül bulunduran hiçbir bitki ve bakteri türü dahil edilmiyor.
- Bölgedeki bitkilerin karbon tüketimini dengelemek için havaya yapay karbondioksit veriliyor.
- Tatlı su kaynaklarına sentetik fosfat bazlı gübre dökülüyor.
- Seralarda sıcaklık ve ışık şiddeti optimum düzeyde tutuluyor ( $25^\circ C$ , yüksek ışık).

Üç ay sonra sistemdeki bitki popülasyonunun büyümesi duruyor ve su yüzeyi yeşil yosunlarla kaplanıp dip kısımlarda canlı ölümü gözleniyor.

Bu kapalı sistemin sürdürülebilir bir dengeye ulaşamamasının KÖK NEDENİ (başlangıç şartlarının analiziyle) aşağıdakilerden hangisidir?

**A) Sistemde azot bağlayıcı canlıların olmaması nedeniyle üreticiler nitrata erişememiş, sentetik gübre ise suda aşırı alg artışına yol açarak oksijeni tüketmiştir.**

B) Serbest azot gazının sisteme doğrudan verilmesi bitkileri zehirlemiş ve karbon döngüsünün tersine dönmesine neden olmuştur.

C) Sıcaklığın  $25^\circ C$ 'de sabit tutulması, bitkilerin terlemeyle su kaybetmesine ve su döngüsünün yavaşlamasına neden olmuştur.

D) Havaya yapay karbondioksit verilmesi, sera etkisini beklenenden fazla artırmış ve bitkilerin solunumunu tamamen durdurmuştur.

**Açıklama:** Sistemde atmosferik azot ( $N_2$ ) bulunmasına rağmen, bunu bitkilerin kullanabileceği nitrat gibi formlara çevirecek azot bağlayıcı bakterilerin (nodül bitkilerinde vb.) eksikliği, bitkilerde azot açlığına neden olur. Bu nedenle büyüme durur. Aynı zamanda suya katılan sentetik fosfat gübresi, ötrofikasyon denen yosun patlamasına yol açarak ışığın dibe inmesini engeller ve dipteki oksijeni bitirerek ölümlere sebep olur. Ortamdaki  $25^\circ C$  sıcaklık ve ışık şiddeti kafa karıştırıcı, makul ama sorun teşkil etmeyen 'gürültü' bilgilerdir. Öğrenci burada döngü bağlantılarını ve çöküş nedenlerini analiz etmelidir.

11. (5 Puan)

Bilim insanları Dünya dışında yaşam alanları oluşturmak için kapalı biyosfer modelleri tasarlamaktadır.

Kapalı bir biyosfer simülasyonunda yapılan bir deneyde, ortama yalnızca fotosentetik bakteriler, otçul böcekler, etçil böcekler ve bazı parazit türleri konulmuştur. Sisteme belirli aralıklarla sabit miktarda organik atık (ölü yapraklar) eklenmektedir. Birkaç hafta sonra sistemdeki oksijen ve karbondioksit oranlarının sürekli düştüğü, bitki gelişiminin durduğu ve topraktaki organik atık kütlesinin sürekli arttığı gözlemlenmiştir. Bir araştırmacı bu durumu, 'Ortamda yeterli nem olmamasına ve bitkilerin topraktaki inorganik tuzları çekmesine' bağlamıştır.

Araştırmacının bu çıkarımıyla ilgili aşağıdaki değerlendirmelerden hangisi doğrudur?

A) Çıkarım yanlıştır; asıl sorun organik atıkları inorganik maddelere dönüştürecek saprofit (ayırıştırıcı) canlıların ortama eklenmemesi, bu nedenle karbon ve azot döngülerinin tıkanmasıdır.

B) Çıkarım doğrudur; topraktaki inorganik tuzlar tükenince bitkiler ölmüş ve karbon döngüsü durmuştur.

C) Çıkarım yanlıştır; sorunun temel nedeni ortamda nem olmaması değil, amonyağı nitrate dönüştüren kemosenetik bakterilerin eksikliğidir.

D) Çıkarım doğrudur; ortama daha fazla otçul böcek eklenirse atıklar doğrudan enerji piramidine geri döner ve döngü düzelir.

**Açıklama:** Sistemdeki temel sorun, eklenen organik atıkların (ölü yaprakların) birikmesi ve gaz oranlarının (oksijen, karbondioksit) düşmesidir. Bu durum, madde döngülerini tamamlayacak olan ayrıştırıcı canlıların (saprofitler) ortamda bulunmadığını gösterir. Ayrıştırıcılar olmadan organik maddeler içindeki karbon ve azot gibi elementler inorganik forma (karbondioksit, amonyak vb.) dönüşemez, bu da üreticilerin fotosentez yapamamasına ve tüm ekosistemin çökmesine neden olur. Araştırmacının 'nem' ve 'inorganik tuzların bitkilerce çekilmesi' hipotezi eksiktir, çünkü inorganik tuzların kaynağı zaten atıkların ayrıştırılmasıdır.

12. (5 Puan)

Bir ekosistemde bulunan farklı canlı gruplarının biyokütle, enerji miktarları ve beslenme ilişkileri bilimsel bir araştırmaya konu olmuştur.

Bir öğrenci, kapalı bir ekosistem modelinde X, Y, Z ve T canlı türlerinin popülasyonlarındaki enerji değişimlerini gözlemlemiştir. Modele sadece güneş ışığı ve periyodik olarak sabit miktarda su verilmektedir. Gözlem sürecinde X türünde görülen %10'luk biyokütle artışının ardından, sırasıyla Y türünde de biyokütle artışı başlamış, ancak T türünün toplam enerjisinin en fazla olduğu ve tüm canlı gruplarının atıklarında bulunduğu tespit edilmiştir. Z türü, Y türü üzerinden beslenmekte ve vücut sıcaklığını ortam sıcaklığından bağımsız tutabilmektedir. Ekosistemde ayrıca inorganik madde döngüsünün hızının, T türünün faaliyetine bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Bir araştırmacı bu durumu 'Z türü üreticidir çünkü en son tüketilen gruptur ve tüm enerjiyi toplamıştır' diyerek yanlış yorumlamıştır. Buna göre, ekosistemdeki enerji akışı ve madde döngüsü ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi bu bilimsel veriler ve ilişkilerle çelişen bir çıkarımdır?

A) Z türünün sayısının aşırı artması durumunda X türünün biyokütlesi başlangıçta artışı gösterebilir.

B) T türü ekosistemdeki besin piramidinin her basamağından enerji akışı sağlayan ayrıştırıcılardır.

C) Güneş enerjisini kimyasal enerjiye çeviren X türünden Y türüne aktarılan enerji, Y'den Z'ye aktarılandan fazladır.

D) T türü biyolojik birikimin en az olduğu, organik atıkları inorganik maddelere çeviren gruptur.

**Açıklama:** Soruda X üretici, Y birincil tüketici, Z ikincil tüketici, T ise ayrıştırıcıdır. Ayrıştırıcılar (T) piramidin her basamağında yer alır ve biyolojik birikim sadece en üst basamaktaki tüketicilerde en fazla olmaz, aynı zamanda besin zincirinin en tepesine doğru zehirli madde birikimi artar. D seçeneği çelişkilidir çünkü ayrıştırıcılar tüm basamaklardan beslendikleri için biyolojik birikimin en az olduğu grup olarak genellenemez, zehirli madde onlara da doğrudan ve yüksek oranda geçebilir. C seçeneğinde enerji piramidindeki %10 kuralı doğrulanmaktadır. A seçeneğinde, Z artarsa Y azalır, bu da X'in artmasına neden olur. B seçeneği, ayrıştırıcıların işlevini doğru tanımlar.

### 13. (5 Puan)

#### Kirlilik ve Besin Piramidi Analizi

Bir araştırmacı, kirliliğin yoğun olduğu bir kapalı göl ekosistemindeki beş farklı canlı türünü (K, L, M, N, P) incelemektedir. Araştırmacı bu türlerin dokularındaki ortalama cıva (ağır metal) birikimini ve popülasyonlarının toplam biyokütlelerini ölçmüş, ancak sonuçları analiz ederken iki farklı verinin birbirine uymadığını fark etmiştir.

Veriler şöyledir:

- Dokulardaki cıva birikimi (ppm): K: 0.05, L: 8.2, M: 0.4, N: 15.6, P: 1.8
- Toplam Biyokütle (ton): K: 500, L: 10, M: 80, N: 400, P: 35

Ekosistem dengesinde olan ve bu gölde tek bir besin zinciri oluşturan bu canlıların dizilimi (üreticiden son tüketiciye) incelendiğinde, araştırmacının ölçümlerinden birinde kesinlikle hata olduğu sonucuna varılıyor.

Araştırmacının ulaştığı bu sonucun nedeni ve hatalı ölçümün yapıldığı veri seti hangi seçenekte en doğru şekilde açıklanmıştır?

- A) Besin piramidinde yukarı çıkıldıkça hem aktarılan enerji hem de zehirli madde birikimi azalmalıdır; biyokütle değerleri doğrudur, cıva verileri hatalıdır.
- B) P türünün biyokütlesinin L türünden yüksek olması enerji akışına aykırıdır; enerji aktarımı azaldığından P'nin biyokütlesi verilerde hatalı ölçülmüştür.
- C) Biyolojik birikim ile canlıların trofik düzeyleri ters orantılıdır; bu nedenle cıva birikimi ölçümlerinde hata yapılmıştır ve K türü en üst tüketici olmalıdır.

**D) Besin zincirinde zehirli madde birikimi arttıkça toplam biyokütlenin azalması beklenir; N türünün biyokütlesi çok yüksek bulunduğundan biyokütle ölçümleri hatalıdır.**

**Açıklama:** Besin piramidinde üreticiden (taban) son tüketiciye (zirve) doğru gidildikçe dokularda biriken zehirli madde miktarı (cıva gibi) artar, ancak her basamakta enerjinin %10'u aktarıldığı için toplam biyokütle azalır. Cıva birikimine göre doğru sıralama (en azdan en çoğa) K - M - P - L - N şeklinde olmalıdır. Bu sıralamaya göre N en üst tüketicidir ve biyokütlesinin en az olması beklenir. Ancak N türünün biyokütlesi (400 ton), kendinden önceki L ve P'den, hatta M'den bile çok daha yüksek ölçülmüştür. Bu durum ekolojideki enerji piramidi kuralına aykırıdır, dolayısıyla biyokütle ölçümlerinde bir hata (özellikle N türünde) vardır.

### 14. (5 Puan)

Doğadaki ekosistemlerde azot ve karbon gibi elementlerin sürekli dönmesi, karmaşık biyolojik, kimyasal ve fiziksel süreçlerle gerçekleşir. Bu döngülerde her canlı grubu spesifik kimyasal dönüşümlerde rol oynar.

**Bir araştırmacı kapalı bir ekosistemde azot döngüsünü incelemek için bir model kurmuştur. Modeldeki dört farklı toprak bölgesinde ölçülen mikrobiyal faaliyetler tabloda verilmiştir:**

| Toprak Bölgesi | Gözlemlenen Ana Dönüşüm                             | Topraktaki Toplam Organik Madde (1 Ay Sonra) |
|----------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Bölge X        | $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_3^-$             | Sabit                                        |
| Bölge Y        | $\text{N}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$              | Artmış                                       |
| Bölge Z        | Ölü organizma proteinleri $\rightarrow \text{NH}_3$ | Hızla azalmış                                |
| Bölge W        | $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$              | Sabit                                        |

**Araştırmacının laboratuvar asistanı, ekosisteme dökülen yaprakların hızla ayrışıp toprağa kazandırılmasından sorumlu olan canlıların W bölgesinde bulunduğunu ve bu canlıların havadaki azot gazını artırdığını rapor etmiştir.**

**Asistanın bu değerlendirmesi ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?**

- A) Rapor hatalıdır; yaprakları parçalayanlar Y bölgesindeki azot bağlayıcı bakterilerdir, W bölgesi ise üretici bitkilere aittir.
- B) Asistanın raporu tamamen doğrudur; ayrıştırıcılar W bölgesinde faaliyet göstererek topraktaki fazla nitrati havaya azot gazı olarak geri verir.
- C) Rapor hatalıdır; asistan, X bölgesindeki nitrifikasyon sürecini ayrıştırıcıların temel faaliyetiyle karıştırmıştır.

**D) Rapor hatalıdır; yaprakların parçalanarak madde döngüsüne katılması işlemi Z bölgesinde gerçekleşir ve asistan, denitrifikasyon olayı ile ayrıştırıcı faaliyetini birbirine karıştırmıştır.**

**Açıklama:** Soruda azot döngüsündeki farklı mikrobiyal faaliyetler analiz edilmelidir. Organik atıkların (ölü yaprak vb.) parçalanması (proteinlerin amonyağa  $\text{NH}_3$  dönüşmesi) ayrıştırıcı (çürükçül) organizmalar tarafından yapılır. Tabloda bu olay Z bölgesinde gerçekleşmektedir. Organik maddenin hızla azalması da ayrışmanın bir kanıtıdır. Asistan ise bu süreci W bölgesindeki denitrifikasyon (nitratın azot gazına dönüşüp atmosfere verilmesi) ile karıştırmıştır. Ayrıştırıcıların birincil rolü organik materyali parçalayarak mineralleşme (amonyak oluşumu) sağlamaktır. Bu nedenle asistanın çıkarımı yanlıştır ve çürükçül faaliyeti Z bölgesinde gerçekleşmektedir.

### 15. (5 Puan)

Bir araştırmacı, tarım ilaçlarıyla kirlenmiş kapalı bir tatlı su ekosisteminde yaşayan K, L, M ve N türlerini inceliyor. Türlerin ortalama vücut büyüklükleri ve bazı özellikleri şöyledir:

- K: Suda çözünmüş zehirli madde oranı en düşük olan türdür ve kloroplast taşır.
- L: Sadece K türü ile beslenir, vücut sıcaklığı çevreye göre değişir.
- M: L türü ile beslenir ve dokularındaki ağır metal konsantrasyonu en yüksek olanıdır.
- N: K, L ve M türlerinin organik atıklarını hücre dışı sindirimle parçalayarak ortama inorganik tuzlar bırakır.

Bir öğrenci bu verileri kullanarak bir ekoloji piramidi çizmiş ve türleri tabandan yukarıya doğru sırasıyla N → K → L → M şeklinde yerleştirmiştir.

**Bu veriler ve öğrencinin oluşturduğu piramit dikkate alındığında, aşağıdaki değerlendirmelerden hangisi bilimsel olarak doğrudur?**

A) Piramitte enerjinin akış yönü tabandan tavana doğru azaldığı için K türünün aktardığı enerji M türünün aktardığı enerjiden düşüktür, bu yüzden K en üstte yer almalıdır.

B) Öğrenci K'yi tabana koyarak doğru bir başlangıç yapmıştır ancak M'nin toplam biyokütlesi L'den fazla olamayacağı için M ile L'nin yerini değiştirmelidir.

C) Öğrencinin dizilimi biyolojik birikim kurallarına uygundur; ancak ekosisteme L ile beslenen yeni bir tür girerse M türündeki biyolojik birikim zamanla azalır.

**D) Öğrenci dizilimi yaparken N türünün ekolojik rolünü yanlış yorumlamıştır; N türü üretici değil, inorganik madde döngüsünü sağlayan ayrıştırıcıdır ve piramidin her basamağında yan tarafta gösterilmelidir.**

**Açıklama:** Verilen bilgilere göre K türü üretici, L birinci dereceden tüketici, M ise ikinci dereceden tüketicidir. N türü ise organik atıkları inorganik maddelere çeviren bir ayrıştırıcıdır. Ayrıştırıcılar besin piramidinin tek bir basamağına yerleştirilmez, aksine her trofik düzeyde işlev gördükleri için piramidin tüm basamaklarına yanal olarak konumlandırılır. Öğrenci N türünü piramidin en altına (üretici konumuna) yerleştirerek büyük bir kavram yanılgısına düşmüştür. Biyolojik birikim yukarı doğru artar, ancak ayrıştırıcılar madde döngüsünü sağladığı için piramidin ana akışına dahil edilme şekilleri farklıdır.

**16. (5 Puan)**

Bir öğrenci, özel bir serada 'Üretici Bitki -> Otçul Böcek -> Örümcek -> Böcekçil Kuş' şeklinde ilerleyen bir besin zincirini incelemektedir. Sistemdeki sulama suyuna yanlışlıkla doğada çözünmeyen ve canlı dokularına bağlanan bir miktar ağır metal karışmıştır. Ortamdaki bitkilerin toplam biyokütlesi başlangıçta 10.000 kg olarak ölçülmüştür. Öğrenci bu verileri kullanarak şu tahminde bulunur: 'Sistemdeki enerji sürekli olarak kuşa doğru aktığı için en üst basamaktaki böcekçil kuş en yüksek toplam enerjiye sahip olacaktır. Ağır metal ise her beslenme basamağındaki canlıların biyokütlesi içinde dağılıp parçalanacağı için kuşa en düşük yoğunlukta (seyreltilmiş olarak) bulunacaktır.'

**Öğrencinin ekosistem modeli üzerine yaptığı bu tahmini değerlendiren en doğru ifade aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Enerji tahmini hatalı, metal derişimi tahmini ise doğrudur; çünkü ağır metaller üst basamaklara geçerken seyreltilerek metabolik atıklarla dışarı atılır.

**B) Her iki tahmini de hatalıdır; üst beslenme basamaklarına çıkıldıkça yaşamsal faaliyetler nedeniyle aktarılan toplam enerji azalırken, dokularda biriken ağır metal derişimi artar.**

C) Her iki tahmini de doğrudur; çünkü üst basamaklara doğru organizmanın vücut büyüklüğü arttığı için biriken toplam enerji en üst seviyeye ulaşır.

D) Enerji tahmini doğru, metal derişimi tahmini hatalıdır; enerji birikerek aktarıldığı için üst basamakta en fazladır, zehirli maddeler ise her basamakta eşit oranda kalır.

**Açıklama:** Besin zincirinde üreticilerden tüketicilere doğru gidildikçe aktarılan enerji miktarı her basamakta canlının yaşamsal faaliyetleri ve ısı kaybı nedeniyle azalır (genellikle %10 kuralı). Bu nedenle en üstteki tüketici olan böcekçil kuş en düşük enerjiye sahiptir. Öte yandan, organizmalar tarafından vücuttan atılamayan zehirli maddeler (ağır metaller) besin zincirinde yukarı çıkıldıkça her canlıda birikir ve üst basamaklara doğru dokulardaki yoğunluğu artar (biyolojik birikim). Öğrencinin enerji ve zehirli madde birikimi konusundaki her iki mantığı da bilimsel gerçeklerle çelişmektedir.

**17. (5 Puan)**

Bir ekoloji araştırmacısı, dış ortamdan tamamen yalıtılmış ve sadece ışık geçiren dev bir cam fanus içine toprak, bir miktar su ve üç farklı canlı türü yerleştirerek kapalı bir ekosistem modeli oluşturuyor. Fanusa sadece üretici (K), otçul (L) ve etçil (M) türlerinden eşit sayıda birey konuyor ve ortam sıcaklığı sensörlerle 25°C'de sabit tutuluyor. Araştırmacı, sistemdeki K canlılarının başlangıç biyokütlesinin yaklaşık 10.000 J'lük enerjiye eşdeğer olduğunu ve %10 kuralı gereği L türüne yaklaşık 1.000 J'lük enerjinin başarıyla aktarılabilceğini hesaplıyor.

**Bir araştırmacı, fanustaki canlı yaşamının kendi kendini uzun süre devam ettireceği hipotezini kurmuştur ancak ekosistem birkaç ay içinde tamamen çökmüştür. Buna göre, araştırmacının deney tasarımıdaki en temel hata ve bu durumun yol açtığı sonuç aşağıdakilerin hangisinde doğru açıklanmıştır?**

A) Sadece ışık girişinin olduğu kapalı ortamlarda otçul ve etçil canlıların oksijen tüketimi, üreticinin oksijen üretiminden her zaman fazla olacağı için sistemdeki gaz dengesi tersine dönmüştür.

B) Sıcaklığın 25°C'de sabit tutulması, üst basamaklara çıkıldıkça artan biyolojik birikimi (zehir miktarını) hızlandırmış ve sistemdeki en üst tüketici olan M canlısının yok olmasına neden olmuştur.

C) K canlısından L canlısına aktarılan enerjiyi 1.000 J değil, %10 kuralına göre sadece 100 J olarak hesaplamalıydı; enerji yetersizliği yüzünden tüketiciler hayatta kalamamıştır.

**D) Sisteme inorganik madde döngüsünü sağlayacak ayrıştırıcı bir tür eklenmemiştir; topraktaki mineraller tükenince üreticiler fotosentez yapamamış ve besin zinciri temelinden çökmüştür.**

**Açıklama:** Soru, madde döngüleri ve enerji akışının birleşimi üzerinden tasarlanmıştır. Kapalı bir sistemde güneş ışığı (enerji) sürekli girebilir ancak içerideki madde (karbon, azot, su vb.) sınırlıdır ve döngüye girmek zorundadır. Ayrıştırıcılar, ölü organizma ve atıkları parçalayarak üreticilerin kullanabileceği inorganik maddelere (minerallere) dönüştürürler. Tasarımda ayrıştırıcı canlılar bulunmadığı için madde döngüsü durmuş, toprak mineral yönünden fakirleştiği için üretici canlılar (K) yaşamını yitirmiş ve sonuçta tüm zincir çökmüştür. C seçeneği, %10 kuralının yanlış hesaplandığı yanlışlığına düşürmek için eklenmiştir ancak araştırmacının hesabı (10.000'in %10'u 1.000) doğrudur. D ve B seçeneklerindeki veriler ise sistemi çökartacak temel birincil nedenler veya doğru mantıklar değildir.

#### 18. (5 Puan)

Sürdürülebilir kalkınma ve ekolojik dengenin sağlanması, doğadaki madde döngülerinin dış müdahaleye gerek kalmadan kendi kendine devam edebilmesine bağlıdır.

**Bir uzay ajansı araştırmacısı, kurulacak bir araştırma üssü için kapalı ve sürdürülebilir bir biyosfer tasarlamaktadır.**

Başlangıç tasarımı: Kapalı sisteme yüksek oksijen üreten bitkiler yerleştirilmiş, sabit 25°C sıcaklık sağlanmış ve topraktaki nem oranı %60'ta sabit tutulmuştur. Sistemi 6 ay gözlemleyen araştırmacı şu verileri elde etmiştir:

1. Ortamdaki karbondioksit gazı tamamen tükenme noktasına gelmiştir.
2. Bitkiler büyüme evresini durdurmuştur.
3. Toprak yüzeyinde kurumuş yaprak ve kök kalıntıları birikmiş, ancak toprağın derinliklerindeki mineral miktarı sıfırlanmıştır.

Bu durumu çözmek isteyen araştırmacı, sisteme dışarıdan düzenli olarak inorganik sıvı gübre ve karbondioksit gazı pompalanmasını sağlayan otonom bir sistem ekleyerek bitkilerin yeniden büyümesini sağlamıştır.

**Madde döngüleri ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri dikkate alındığında, araştırmacının uyguladığı bu çözüm yöntemi ile ilgili aşağıdakilerden hangisi en doğru değerlendirmedir?**

- A) Sıvı gübre takviyesi topraktaki mineral döngüsünü başarıyla tamamladığı için sürdürülebilirdir; ancak karbondioksit eksikliğini gidermek için ortama tüketici canlıların eklenmesi gerekirdi.
- B) Kapalı sistemlerde üreticilerin tek başına yaşaması imkansız olduğundan gaz ve mineral takviyesi doğru bir uygulamadır; sıcaklığın ve nemin sabit tutulması ekolojik dengenin sürdürülebilirliği için yeterlidir.
- C) Kurumuş yaprakların birikmesi sistemin enerji miktarını artırdığı için avantajlıdır; çözüm olarak sadece karbondioksit pompalanması sürdürülebilir yaşamı desteklemek için en uygun tasarımıdır.
- D) Dışa bağımlılığı sürekli hale getirdiği için sürdürülebilirlik ilkesine aykırıdır; asıl sorun sisteme ölü atıkları parçalayarak karbondioksit ve mineral üretecek ayrıştırıcıların dahil edilmemesidir.**

**Açıklama:** Sürdürülebilir bir ekosistem, madde döngülerinin dışarıdan sürekli hammadde girdisi olmadan tamamlanabildiği sistemdir. Tasarımda ayrıştırıcıların olmaması nedeniyle ölü dokular parçalanamamış, topraktaki mineraller geri kazanılamamış ve solunum ile CO2 üretilmemiştir. Araştırmacının dışarıdan sıvı gübre ve gaz takviyesi yapması bitkileri yaşatsa da sistemi 'sürdürülebilir' olmaktan çıkarıp 'dışa bağımlı' hale getirir. Sıcaklık ve nem gibi veriler çeldirici olup döngünün kopma sebebi ayrıştırıcı eksikliğidir. Doğru çözüm sisteme uygun ayrıştırıcı organizmaların eklenmesi olmalıydı.

#### 19. (5 Puan)

Bir göl ekosisteminde birbirleriyle beslenme ilişkisi bulunan (tek bir besin zinciri oluşturan) K, L, M ve N türlerinin dokularındaki ortalama DDT (zehirli tarım ilacı) birikim miktarları ve ortamda tercih ettikleri su derinlikleri ölçülmüştür. Sonuçlar şu şekildedir:

- K türü: 0.03 ppm DDT (Yüzeye yakın)
- L türü: 18.5 ppm DDT (Orta derinlik)
- M türü: 2.8 ppm DDT (Derin dip suları)
- N türü: 0.45 ppm DDT (Orta derinlik)

Verileri inceleyen öğrenci Ayşe, "Canlıların yaşadığı su derinliği arttıkça, besin zincirinde daha üst basamaklara çıkılır ve buna bağlı olarak dokulardaki zehir birikimi artar" hipotezini kurmuştur.

**Öğrenci Ayşe'nin hipotezi ve göldeki besin zinciri dinamikleri değerlendirildiğinde aşağıdakilerden hangisi bilimsel olarak doğrudur?**

A) Ekosisteme M canlısıyla beslenen ve hızla çoğalan yeni bir avcı tür girdiğinde, K canlısının popülasyon yoğunluğunda doğrudan bir artış yaşanması beklenir.

B) M canlısının toplam biyokütlesi N canlısınınkinden daha fazla olduğu için, M canlısı üzerinden L canlısına çok daha yüksek oranda enerji ve DDT aktarımı gerçekleşir.

**C) K canlısından L canlısına doğru aktarılan enerjinin giderek azalmasının temel nedeni, her basamaktaki canlıların kendi yaşamsal faaliyetleri (solunum vb.) için enerji harcamasıdır.**

D) Ayşe'nin hipotezi doğrudur çünkü besin piramidinin en üstündeki canlı her zaman en derin sularda yaşar ve zehirli maddeyi sudan doğrudan emerek depolar.

**Açıklama:** DDT birikim oranlarına bakılarak canlıların besin zincirindeki sırası bulunmalıdır. Biyolojik birikim üreticiden son tüketiciye doğru artar. Bu nedenle sıralama (Üreticiden tüketiciye) K - > N -> M -> L şeklinde olmalıdır (En az birikim K'da, en çok L'de). Ayşe'nin hipotezi yanlıştır çünkü en fazla birikime sahip L canlısı derin sularda değil, orta derinlikte yaşamaktadır; derinlik ile trofik düzey arasında doğrusal bir ilişki yoktur (yanıltıcı değişken). C seçeneğinde, enerjinin yukarı doğru çıkıldıkça azalmasının sebebi olan %10 kuralının temeli (canlıların yaşamsal faaliyetlerde enerjisi kullanması ve ısı olarak kaybetmesi) doğru bir şekilde ifade edilmiştir. B seçeneği hatalıdır çünkü piramitte yukarı çıkıldıkça biyokütle azalır (M'nin biyokütlesi N'den azdır). A seçeneği hatalıdır; M canlısını yiyen avcı artarsa M azalır, M azalırsa N artar, N artarsa K (üretici) popülasyonu azalır.

**20. (5 Puan)**

Kapalı bir uzay üssü prototipinde (Biyo-Alan) kendi kendine yeten, tamamen sürdürülebilir bir tarım ve yaşam ekosistemi tasarlanmıştır. Ortamda düzenli çalışan güneş panelleriyle ışık ihtiyacı karşılanmakta ve kurulan kapalı sistemle su döngüsü kusursuz işlemektedir. Ancak 3. yıldan itibaren topraktaki azotlu bileşiklerin ve inorganik tuzların miktarının hızla düştüğü, bitki (üretici) veriminin durma noktasına geldiği ve toprak yüzeyinde kuruyan bitki/yaprak kalıntılarının hiçbir değişime uğramadan dağ gibi biriktiği saptanmıştır. Proje mühendisleri, düşen verimi düzeltmek amacıyla ışık süresini uzatmış ve ortama yapraklarla beslenen yeni böcek türleri ilave etmiştir. Buna rağmen biyo-alan kısa sürede tamamen çökmüştür.

**Buna göre, projenin sürdürülebilirlik ilkelerine aykırı olarak çökmesine neden olan temel bilimsel hata ve sistemin onarılması için gereken en kritik hamle aşağıdakilerin hangisinde doğru değerlendirilmiştir?**

**A) Organik atıkları yeniden inorganik ham maddelere dönüştüren canlıların eksikliği madde döngüsünü kırmıştır; sürdürülebilirliği sağlamak için toprağa saprofit (ayırıştırıcı) mantar ve bakteriler eklenmeliydi.**

B) Enerji akışının bitki kalıntılarında tıkanması temel sorundur; artan organik atıkları hızlıca tüketip madde döngüsünü hızlandırmak için ortama otçul (birincil tüketici) böceklerin sayısı artırılmalıydı.

C) Yapay su döngüsü ve ışık miktarının fotosentez için yetersiz kalması kriz yaratmıştır; topraktaki inorganik miktarını dert etmeden fotosentez hızını artırmak için ortama ekstra karbondioksit pompalanmalıydı.

D) Güneş panellerinin sağladığı yapay ışığın besin zincirindeki aktarımı verimsiz olmuştur; üreticilere doğrudan kimyasal enerji sağlamak için sisteme sentetik gübreler ve mineral ilaçları dahil edilmeliydi.

**Açıklama:** Sürdürülebilir kalkınmanın ve ekolojik dengenin temelinde madde döngülerinin kesintisiz işlemesi yatar. Verilen senaryoda su döngüsü ve ışık enerjisi (fotosentez girdileri) sağlansa da, topraktaki inorganik maddelerin tükenmesi ve organik atıkların (yaprakların) birikmesi, sistemde madde döngüsünü tamamlayacak 'ayrıştırıcıların' (çürükçüllerin) eksik olduğunu kanıtlar. Mühendislerin otçul canlı (böcek) veya ışık enerjisi eklemesi bu sorunu çözmez çünkü enerjinin akışı tek yönlüyken, maddelerin döngüye girmesi şarttır. Doğru çözüm, inorganik madde döngüsünü tamamlamak için ayrıştırıcıların eklenmesidir. Diğer seçenekler enerji akışı, tüketici rolü veya sentetik/sürdürülemez müdahaleler gibi kavram yanılgılarını içermektedir.

## 21. (5 Puan)

Bir biyolog, çevre koşullarının madde döngüsü üzerindeki etkisini incelemek için başlangıçta eşit miktarda (50 g) aynı tür organik atık içeren dört kap hazırlıyor. K ve L kaplarına eşit miktarda azot, M ve N kaplarına eşit miktarda fosfor ekleniyor (Bu minerallerin ayrıştırıcı türlerine özel bir etkisi olmadığı biliniyor). 30 gün sonra şu veriler elde ediliyor:

K kabı: 25°C, %70 nem, Bakteri, 10g atık kaldı.

L kabı: 25°C, %70 nem, Ayrıştırıcı yok, 48g atık kaldı.

M kabı: 10°C, %20 nem, Mantar, 25g atık kaldı.

N kabı: 10°C, %70 nem, Mantar, 5g atık kaldı.

**Bir öğrenci, tablodaki verilere dayanarak şu çıkarımı yapmıştır: 'Ortam sıcaklığının 25°C'den 10°C'ye düşmesi, her koşulda ayrıştırıcı faaliyetini yavaşlatır. Bu yüzden M ortamındaki kalan madde miktarı K'dan fazladır.' Öğrencinin bu çıkarımındaki bilimsel hata aşağıdakilerden hangisi ile açıklanabilir?**

**A) Sıcaklığın etkisini analiz ederken, nem oranının da farklı (K:%70, M:%20) olduğunu göz ardı etmesi.**

B) Kalan organik madde miktarı azaldıkça döngü hızının arttığını yanlış yorumlaması.

C) Sıcaklığın etkisini ölçmek için farklı ayrıştırıcı türlerinin kullanıldığı ortamları (K ve M) karşılaştırması.

D) L ortamındaki verileri hesaba katmadan sadece ayrıştırıcı ortamlara odaklanması.

**Açıklama:** Öğrenci K (25°C, %70 nem) ve M (10°C, %20 nem) kaplarını karşılaştırarak sıcaklık çıkarımı yapmıştır. Ancak kontrollü deneylerde sadece bağımsız değişken farklı olmalıdır. Burada hem sıcaklık hem de nem oranı farklıdır (azot/fosfor ise çeldirici bir 'gürültü'dür). N kabında 10°C ve %70 nemde sadece 5g kaldığı görülmektedir; yani sıcaklık düşmesine rağmen doğru nemde mantarlar bakterilerden bile daha etkili olmuştur. Hata, birden fazla değişkenin aynı anda değiştiği düzenekleri kıyaslamasından kaynaklanır.

## 22. (5 Puan)

Kapalı ekosistemlerde canlılar arası etkileşim, enerji akışı ve madde döngüsü ile doğrudan bağlantılıdır. Üretici, tüketici ve ayrıştırıcı ilişkileri incelenirken laboratuvar verileri kullanılır.

Aşağıdaki tabloda kapalı bir ekosistemden izole edilen K, L, M ve N canlı türlerinin belirli ortamlardaki üreme davranışları incelenmiş ve 10 günlük periyottaki sayısal değişimleri (birey/litre) kaydedilmiştir. Tablo dışındaki bir veri olarak, ortamın sıcaklığı sabit 25°C tutulmuştur.

| Ortam Şartları                        | K canlısı değişimi | L canlısı değişimi       | M canlısı değişimi       | N canlısı değişimi       |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Sadece Işık ve İnorganik Madde        | Hızla artar        | Giderek azalır, yok olur | Giderek azalır, yok olur | Giderek azalır, yok olur |
| K, L, N canlıları birlikte (Aydınlık) | Sabit kalır        | Azalır                   | -                        | Artar                    |
| Karanlık ortam + Bol Organik Atık     | Giderek azalır     | Artar                    | Hızla artar              | Azalır                   |

Bir araştırmacı, bu tabloya ve madde döngüleri bilgisine dayanarak şu modeli çiziyor: 'K canlısı besin zincirinin temelini oluşturur. Enerji, K'den L ve N'ye doğru akar. M canlısının faaliyeti sonucunda açığa çıkan maddeler doğrudan K canlısının kullanımına sunulur. Eğer ortama sadece N ve L konulursa, N canlısı bir süre yaşayabilir çünkü L canlısını tüketebilir.'

Buna göre araştırmacının kurduğu modelle ilgili hangi değerlendirme kesinlikle yanlıştır?

**Açıklama:** Tablodaki veriler analiz edildiğinde K canlısının inorganik madde ve ışıkla arttığı, yani üretici (fotosentetik) olduğu bulunur. M canlısı karanlık ve organik atık ortamında hızla artarak ayrıştırıcı olduğunu gösterir. İkinci ortamda K, L ve N birlikte konulmuş, K sabit kalırken N artmış, L azalmıştır. Bu durum N'nin L'yi veya K'yi yediğini gösterebilir, ancak L'nin neden azaldığı (N tarafından mı yenildi yoksa başka bir nedenden mi) veya N'nin neyle beslendiği kesin olarak sadece L'ye bağlanamaz. Belki N, K ile besleniyor ve L rekabetten dolayı eleniyordur. Dolayısıyla N ve L arasında kesin bir 'L'den N'ye enerji akışı' çıkarımı yapmak tablodaki sadece bu verilere dayanarak hatalıdır.

**A) N ve L'nin birlikte bulunduğu ortamda N'nin artıp L'nin azalması, enerji akışının kesinlikle L'den N'ye doğru olduğunu gösterir.**

B) K canlısı üreticidir çünkü sadece inorganik madde ve ışıkla üreyebilmektedir; karanlık ortamda organik atık olsa bile azalması fotosentez yaptığını gösterir.

C) İkinci deneyde L canlısının azalması, N canlısının L üzerinden beslenen bir etçil veya L'nin hastalık yapıcı paraziti olduğunu kanıtlar.

D) M canlısı ayrıştırıcıdır ve karanlıkta organik atıkları parçalayarak amonyak gibi inorganik maddeleri K'nın kullanımına sunar.

**23. (5 Puan)**

Ekosistemlerde madde döngüsü ve enerji akışı yaşamın devamlılığını sağlar. Canlılar arasındaki beslenme ilişkilerini gösteren besin zincirlerinde, organizmalar aldıkları enerjinin bir kısmını yaşamsal faaliyetleri için kullanırken bir kısmını ısı olarak çevreye verir, geri kalanını ise bir üst basamağa aktarırlar.

**Bir araştırmacı, dış ortamdan yalıtılmış bir ekosistemdeki canlıların (X, Y, Z, T ve W) dokularındaki toksik madde birikim oranlarını ölçerek X canlısının üretici, Z, Y ve T'nin ise sırasıyla tüketici basamaklarında olduğunu, W canlısının ise ayrıştırıcı olarak görev yaptığını belirliyor. Araştırma sırasında bitkilerin topraktan aldığı su miktarı ve W canlısının solunum hızı da veri olarak kaydediliyor. Ekosistemin Güneş ışığı alması tamamen engellendiğinde bir öğrenci şu iddiada bulunuyor: 'Güneş enerjisi kesilse bile, W canlısı ekosistemdeki tüm organik atıkları parçalayarak elde ettiği enerjiyi besin zincirine temelden geri kazandırır. Böylece W canlısı üretici konumuna geçerek enerji akışının  $W \rightarrow Z \rightarrow Y \rightarrow T$  şeklinde kesintisiz devam etmesini sağlar.' Öğrencinin kurduğu bu modelin ekolojik açıdan hatalı olmasının temel nedeni aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Besin zincirinde Güneş enerjisi olmadan da yaşamın devam edebilmesi için W canlısının yalnızca Z canlısının atıklarını kullanmak zorunda kalması.

**B) Ayrıştırıcıların madde döngüsünü sağlayıp atıkları inorganik maddelere dönüştürebilmesine rağmen, ekosisteme yeni enerji girişi yapamaması ve enerjinin geri dönüşümsüz olarak kullanılıp ısıya dönüşmesi.**

C) Enerji akışının her zaman tüketicilerden üreticilere doğru tek yönlü olması ve ayrıştırıcıların sadece üst basamaklardaki enerjiyi üretebilmesi.

D) W canlısının organik atıkları parçaladığında açığa çıkan enerjiyi X canlısına değil, dokusunda en çok toksik madde biriken T canlısına aktarmak zorunda olması.

**Açıklama:** Öğrencinin modeli hatalıdır çünkü ayrıştırıcılar (W canlısı) madde döngüsünü sağlayarak organik atıkları inorganik maddelere çevirirler de, bu süreçte elde ettikleri enerjiyi diğer canlıların kullanabileceği yeni bir kimyasal enerji kaynağı olarak (üreticiler gibi) sisteme sunamazlar. Enerji akışı ekosistemlerde tek yönlüdür; geri dönüşümü yapılamaz ve sistemin dışarıdan (Güneş'ten) sürekli yeni enerji alması gerekir. Su miktarı ve solunum hızı gibi veriler, öğrencinin yanılmasını sağlamak için senaryoya eklenmiş çeldirici bilgilerdir.

#### 24. (5 Puan)

Bir araştırmacı; kapalı bir cam fanusta ışık miktarının, nemin ve sıcaklığın optimum seviyede sabit tutulduğu kontrollü bir ekosistem kuruyor. Ekosistemde ototrof bitkiler, otęul böcekler, etęil örümcekler ve toprak bulunmaktadır. Araştırmacı deneyin bir aşamasında toprağa, sadece mantar ve bakterileri tamamen yok ettiği bilinen spesifik bir kimyasal madde ekler. Sonraki birkaç hafta boyunca bitkilerin ışığa ve suya erişiminde bir kısıtlama olmamasına rağmen bitki gelişiminin tamamen durduğu, oksijen üretiminin hızla azaldığı ve yüzeyde ölü organizma kalıntılarının biriktiği ölçülür. Durumu analiz eden bir öğrenci, 'Kimyasal madde bitkilerin kloroplastlarına zarar vererek fotosentezi durdurmuştur.' hipotezini öne sürer, ancak bu tespitin kimyasalın özellikleri göz önüne alındığında yanlış olduğu kanıtlanır.

**Araştırmacının ulaştığı sonuçlar ve öğrencinin hatalı varsayımı dikkate alındığında, bitki gelişiminin durmasının asıl nedeni aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Sistemde sadece üretici ve tüketicilerin kalmasının enerji akışını bozarak organik madde yıkımını aniden ve tamamen durdurması.

**B) Kimyasalın ayrıştırıcıları yok etmesi sonucu, sistemdeki organik atıkların inorganik maddelere dönüşmemesi ve üreticilerin inorganik madde eksikliği çekmesi.**

C) Ayrıştırıcıların yok olmasıyla topraktaki inorganik tuz oranının aşırı artarak bitki köklerinin su emilimini durdurması.

D) Tüketici popülasyonunun ürettiği inorganik maddelerin kimyasal madde tarafından bağlanarak üreticilerin fotosentez yapmasını doğrudan engellemesi.

**Açıklama:** Soru, ayrıştırıcıların (mantar ve bakteriler) madde döngülerindeki kritik rolünün kapalı bir ekosistem üzerinden çok adımlı şekilde analiz edilmesini gerektirmektedir. Ortama eklenen kimyasal, sadece mantar ve bakterileri yok ettiğine göre ayrıştırıcı faaliyetlerini durdurmuştur. Ayrıştırıcılar çalışmadığında bitkiler ve tüketicilerin atıkları ile ölü bedenleri parçalanamaz, bu da toprağın mineral (inorganik madde) bakımından fakirleşmesine neden olur. Işık ve su sabit olmasına rağmen bitkiler, fotosentez ve gelişimleri için şart olan topraktaki azot, fosfor gibi inorganik bileşikleri bulamadıklarından gelişimleri durur ve sistem çöker. Yanlış seçenekler enerji akışı, inorganik madde artışı veya hücrenel yapıların doğrudan zarar görmesi gibi kavram yanılığlarına dayanmaktadır.

#### 25. (5 Puan)

Bir araştırma ekibi, gelecekte uzayda kurulacak sürdürülebilir kolonileri modellemek için Dünya'da tamamen dışa kapalı, şeffaf bir 'biyoküre' inşa ediyor. Sisteme sadece güneş ışığı girebilmektedir. Biyoküreye başlangığta hesaplanmış miktarda toprak, su göleti, çeşitli üretici bitkiler, otęul böcekler ve nemi koruması için 5 cm kalınlığında özel bir UV filtreli cam eklenmiştir. İlk 3 ay boyunca bitkilerin hızla büyüdüğü ve oksijen seviyesinin dengede kaldığı gözlemleniyor. Ancak 6. aya gelindiğinde atmosferdeki karbondioksit (CO<sub>2</sub>) miktarının kritik seviyede azaldığı, bitki büyümesinin durduğu ve toprak yüzeyinde ölü bitki örtüsü ile böcek atıklarının giderek biriktiği tespit ediliyor. Ekip, kurulan mekanik sulama sisteminin günde tam 10 litre su döngüsü sağladığını ve sistemde su eksikiği olmadığını doğruluyor.

**Biyoküredeki madde döngüsünün tıkanmasına ve sürdürülebilirliğin bozulmasına neden olan asıl problem ve ekosistemi kurtarmak için yapılması gereken en uygun müdahale aşağıdakilerden hangisinde doğru analiz edilmiştir?**

**A) Ayrıştırıcı organizmaların yetersizliği nedeniyle organik atıklardaki karbon atmosfere geri dönememiştir; toprağa uygun çürükçül türler aşılmalıdır.**

B) Bitkiler fotosentezde mevcut karbondioksiti çok hızlı tüketmiştir; cam yüzey karartılarak ışık miktarı azaltılmalı ve büyüme hızı düşürülmelidir.

C) Kapalı sistemde topraktaki azot ve mineraller tamamen tükendiği için sistem çökmüştür; sürdürülebilirliği sağlamak adına dışarıdan kimyasal gübre takviyesi yapılmalıdır.

D) Tüketici canlı sayısının az olması karbon döngüsünü yavaşlatmıştır; ortama daha fazla otęul ve etęil hayvan eklenerek sistem dengelenebilir.

**Açıklama:** Kapalı bir ekosistemde sürdürülebilirliğin temel şartı, madde döngülerinin (özellikle karbon ve azot döngülerinin) kesintisiz devam etmesidir. Verilen senaryoda atmosferdeki karbondioksit miktarının azalması ve aynı zamanda toprakta ölü organik atıkların birikmesi, bu atıkları hücre içi solunumla parçalayarak karbonu tekrar atmosfere CO2 olarak verecek olan ayrıştırıcı canlıların (çürükçül bakteri ve mantarların) ortamda eksik olduğunu kanıtlar. Ayrıştırıcılar görev yapmadığında, karbon döngüsü kilitlenir ve üreticiler yeni besin sentezleyemez. Su döngüsünün sorunsuz olması ve camın özellikleri gibi bilgiler, asıl biyolojik problemi gizlemek için verilen çeldiricilerdir. Dışarıdan kimyasal gübre eklemek kapalı sistem sürdürülebilirliğine aykırıdır; tüketici hayvan eklemek ise ölü atıkları inorganik maddelere dönüştüremez.

## 26. (5 Puan)

Sürdürülebilir kalkınma; ekonomik hedeflere ulaşırken doğanın kendi kendini yenileme kapasitesinin, madde döngülerinin ve biyolojik çeşitliliğin korunmasını merkeze alan çok boyutlu bir yaklaşımdır. Karar alma süreçlerinde, bir alanın kısa vadeli ekonomik potansiyeli ile o alanın sunduğu uzun vadeli ekosistem hizmetleri (su döngüsü, karbon yutağı vb.) arasında denge gözetilmelidir.

**Karya Belediyesi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak amacıyla 'Yeşil Kent' eylem planını açıklamıştır. Planda şu uygulamalar ve beklenen sonuçlar yer almaktadır: 1. Sokak aydınlatmalarında tamamen güneş enerjisine geçilmesi (Beklenen: Fosil yakıt tasarrufu). 2. Bölgedeki geniş bataklık alanın kurutulması organik tarım arazisine dönüştürülmesi (Beklenen: Yerel halk için %40 ekonomik gelir artışı). 3. Evsel atıkların zorunlu geri dönüşüm programına alınması (Beklenen: Yeni ham madde ihtiyacında azalma). 4. Tüm kent sakinlerine ücretsiz yüksek hızlı fiber internet sağlanması (Beklenen: Sosyal iletişimin artması). Bir çevre bilimci, belediyenin bu planının kısa vadede faydalı görünse de 'sürdürülebilir kalkınma ve ekolojik denge' ilkeleriyle temelden çelişen bir uygulama içerdiğini belirterek projeye itiraz etmiştir. Buna göre, bilim insanının itiraz ettiği uygulama ve haklı gerekçesi aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?**

A) 1. uygulamada yalnızca yenilenebilir enerjiye güvenilmesi, enerji aktarımında kesintilere yol açarak ekosistemdeki enerji akışını yavaşlatır.

B) 3. uygulama ile azalan ham madde ihtiyacı, üretim faaliyetlerini durduracağı için ekolojik dengenin korunmasına rağmen ekonomik sürdürülebilirliği tehlikeye atar.

**C) 2. uygulamada bataklığın kurutulması ekonomik kazanç sağlasa da, bölgedeki madde döngülerini ve biyolojik çeşitliliği geri dönülemez şekilde yok ederek uzun vadeli sürdürülebilirliği engeller.**

D) 4. uygulamanın ekolojik dengeden ziyade sadece sosyal bir yatırım olması, projenin sürdürülebilir çevre bütünlüğünü bozar.

**Açıklama:** Sürdürülebilir kalkınma, ekonomik kalkınmanın doğal kaynakları tüketmeden ve ekolojik dengeyi bozmadan sağlanmasını gerektirir. Plandaki bataklığın kurutularak tarım alanına çevrilmesi, organik bile olsa doğal bir ekosistemi (habitatu) ve oradaki madde döngülerini tamamen ortadan kaldırır. Bu durum, kısa vadeli ekonomik fayda uğruna uzun vadeli ekolojik dengeyi feda etmek anlamına gelir ve sürdürülebilirlik ilkesiyle doğrudan çelişir. Güneş enerjisi ve geri dönüşüm sürdürülebilirliği desteklerken, internet yatırımı sadece sosyal boyuta ait olup ekolojik bir tahribat yaratmayan çeldirici bir bilgidir.

## 27. (5 Puan)

Araştırmacılar, madde döngülerini incelemek amacıyla tamamen kapalı, dışarıdan sadece ışık ve ısı geçiren dev bir cam fanus (mezokozm) tasarlamışlardır. Fanusun içine nemli toprak, üretici bitkiler, otçul böcekler ve etçil böcekler konulmuştur. Başlangıçta bitkilerin adaptasyonu için toprağa bir miktar inorganik kimyasal gübre eklenmiştir. Ancak kurulum sırasında toprağın yanlılıkla tamamen sterilize edildiği (tüm mantar ve bakterilerden arındırıldığı) unutulmuştur.

**İlk 4 hafta bitki kütlesi artmış, oksijen seviyesi yükselmiş ve topraktaki ölü yapraklar ile böcek kalıntıları birikmeye başlamıştır. 5-8. haftalarda ise dışarıdan su ve ışık sağlanmasına rağmen bitki gelişimi tamamen durmuş, karbondioksit seviyesi kritik düzeyin altına inmiştir. Bir öğrenci, 'Ekosistemde fotosentez hızı solunum hızını geçtiği için karbondioksit tükendi. Sistemi kurtarmak için ortama daha fazla otçul böcek eklenmeli ki solunumla üretilen karbondioksit artsın' şeklinde bir hipotez kuruyor. Öğrencinin hipotezi ve bu sistemdeki temel sorun göz önüne alındığında aşağıdaki değerlendirmelerden hangisi bilimsel olarak en geçerlidir?**

**A) Öğrencinin hipotezi hatalıdır; bitki gelişiminin durma nedeni, ölü atıkları parçalayarak inorganik maddeleri ve karbondioksidi doğaya geri döndürecek ayrıştırıcı canlıların sistemde bulunmamasıdır.**

B) Öğrencinin hipotezi hatalıdır; sistemdeki çöküşün asıl sebebi toprağa eklenen kimyasal gübrenin bitkiler tarafından fotosentezde tüketilmesi ve gübre eksikliğinden dolayı oksijen üretiminin durmasıdır.

C) Öğrencinin hipotezi doğrudur; otçul tüketici sayısının artırılması hem ortamdaki karbondioksit oranını yükseltir hem de topraktaki böcek kalıntılarını doğrudan tüketerek madde döngüsünü sağlar.

D) Öğrencinin hipotezi doğrudur; otçul böceklerin solunumla ürettiği enerji doğrudan bitkilerin büyümesini tetikler, böylece biriken organik atıkların oluşturduğu toksik etki ortadan kalkar.

**Açıklama:** Kapalı bir ekosistemde madde döngüsünün sürebilmesi için üretici, tüketici ve ayrıştırıcı canlıların bir arada bulunması gerekir. Toprak sterilize edildiği için sistemde ayrıştırıcılar eksiktir. Başlangıçta eklenen kimyasal gübre sayesinde üreticiler gelişmiş, ancak bitki ve hayvan kalıntıları (organik atıklar) birikmeye başlamıştır. Ayrıştırıcılar olmadığı için bu atıklardaki karbon ve mineraller tekrar inorganik hale (karbondioksit ve topraktaki mineraller) dönüşemez. Madde (karbon ve azot) ölü dokularda kilitli kalır. Öğrencinin 'böcek ekleme' fikri, atıklardaki maddelerin geri kazanımını sağlayamaz çünkü böcekler ölü bitki atıklarını mineralize edemez. Bu nedenle temel sorun ayrıştırıcı eksikliği nedeniyle inorganik maddelerin geri kazanılamamasıdır. Otçul canlıların ölü dokuları tüketip döngüyü tamamlayacağı veya gübrenin doğrudan fotosentezde kullanıldığına yönelik seçenekler, yaygın kavram yanlışlarını içermektedir.

**28. (5 Puan)**

Bir biyolog, kapalı bir göl ekosistemine fabrika atıklarından sızan bir ağır metalin, aynı besin zincirini oluşturan X, Y, Z ve T canlı türlerinin dokularındaki ortalama birikim oranlarını ve bu türlerin ortalama yaşam sürelerini ölçerek aşağıdaki tabloyu hazırlamıştır.

| Canlı Türü | Dokulardaki Ağır Metal Oranı (ppm) | Ortalama Yaşam Süresi |
|------------|------------------------------------|-----------------------|
| X          | 0,04                               | 2 ay                  |
| Y          | 12,50                              | 4 yıl                 |
| Z          | 2,80                               | 1 yıl                 |
| T          | 0,35                               | 6 ay                  |

Bir süre sonra göle, sadece Z türü ile beslenen yeni bir istilacı W türü kazara karışır. İstilacı tür hızla üreyerek Z popülasyonu üzerinde büyük bir av baskısı oluşturur.

**Buna göre, istilacı W türü ekosisteme dâhil olup çoğaldıktan bir süre sonra meydana gelecek değişimlerle ilgili aşağıdaki değerlendirmelerden hangisi bilimsel olarak doğrudur?**

A) Z türü üzerinden aktarılan enerji azalacağından, enerji piramidinin kuralları gereği ekosistemdeki zehirli maddenin tamamı W türünde birikmeye başlar.

**B) Yeni türün Z'yi tüketerek sayısını azaltması, zamanla dokularında en az biyolojik birikim gözlenen X türünün ekosistemdeki toplam miktarının azalmasına yol açar.**

C) Z türünün birey sayısı azalacağından T türü üzerindeki av baskısı düşer, T'nin artmasıyla üretici olan X türünün de birey sayısı ve biyokütlesi artış gösterir.

D) Y türünün yaşam süresi en uzun olduğu için çevresel değişimlere karşı en dirençli olanıdır; Z azalırsa Y türü ihtiyaç duyduğu enerjiyi doğrudan T türünden karşılar.

**Açıklama:** Biyolojik birikim (zehir miktarı) besin zincirinde üreticiden son tüketiciye doğru artar. Tablodaki ağır metal oranlarına göre besin zinciri sıralaması: X (Üretici) -> T (1. Tüketici/Otçul) -> Z (2. Tüketici/Etçil) -> Y (3. Tüketici) şeklindedir. Yaşam süresi bilgisi, sıralama yaparken dikkate alınmaması gereken bir çeldirici veridir. Ortama sadece Z ile beslenen W türü girdiğinde, Z canlılarının sayısı azalır. Z'nin azalması, onun avı olan T türünün artmasına neden olur. T (otçul) sayısındaki artış ise, onun besini olan X (üretici) türünün fazla tüketilerek azalmasına yol açar. Bu nedenle X türünün toplam miktarı (biyokütlesi) azalır. Diğer seçenekler, enerji piramidi ilişkilerindeki zincirleme etkinin hatalı yorumlanmasına (T artarken X'in de artacağını sanılması vb.) dayanmaktadır.

## 29. (5 Puan)

Bir araştırmacı, hava sızdırmaz cam bir fanus içine özel olarak sterilize edilmiş (tüm mantar ve çürükçül bakterilerden tamamen arındırılmış) toprak, bir miktar su, canlı bitki (üretici), otçul böcekler (tüketici) ve yalnızca havadaki serbest azotu toprağa bağlayan bakteriler koyarak yapay bir ekosistem kuruyor. İlk etapta fotosentez hızını yüksek tutmak için fanus içine ekstra karbondioksit gazı pompalayıp sistemi sürekli ışık alan bir ortama bırakıyor. Araştırmacı, sistemde güneş enerjisi ve yeterli üretici-tüketici dengesi olduğu için fanusun dışarıdan madde almadan yıllarca yaşayacağını öne sürüyor. Ancak birkaç ay sonra canlılık faaliyetleri tamamen duruyor.

**Araştırmacının 'Bu sistem sonsuza dek kendi kendine yeter' hipotezinin çökmesine neden olan temel ekolojik hata ve sistemin durma sebebi aşağıdakilerden hangisinde doğru açıklanmıştır?**

A) Sisteme başlangıçta eklenen ekstra karbondioksit zamanla tüketici böcekleri zehirlemiş, böcekler ölünce bitkilere karbondioksit akışı tamamen kesilmiştir.

B) Azot bağlayıcı bakteriler atmosferdeki serbest azotu toprağa çok hızlı bağladığı için topraktaki mineral dengesi bozulmuş ve bitki kökleri kurumuştur.

**C) Sistemde ayrıştırıcı canlılar bulunmadığı için atıklar parçalanamamış, organik maddeler bitkilerin kullanabileceği inorganik minerallere dönüşemediğinden toprağın verimi tükenmiştir.**

D) Üreticilerin ürettiği oksijen miktarı kapalı fanusta zamanla aşırı artmış, bu durum fotosentez reaksiyonlarının çift yönlü çalışmasını engelleyerek enerji akışını durdurmuştur.

**Açıklama:** Sistemde bitkiler, böcekler ve azot bağlayıcı bakteriler bulunmasına ve başlangıçta bol karbondioksit, su ve ışık sağlanmasına rağmen ayrıştırıcı (çürükçül) canlılar eksiktir. Sterilize edilmiş toprakta çürükçül bakteri ve mantarlar olmadığından, ölen organizmalar ve böcek dışkıları gibi organik atıklar parçalanıp inorganik minerallere dönüştürülemez. Bu durumda azot bağlayıcı bakteriler havadan azot sağlasa bile, bitkilerin ihtiyaç duyduğu diğer temel inorganik mineraller (fosfor, potasyum vb.) toprağa geri dönemez. Mineral döngüsü durduğu için bitkiler zamanla gelişemez ve ölür, bu da tüm besin ağının çökmesine neden olur. Eklenen fazla karbondioksit veya oksijen artışı sistemin uzun vadeli çöküşünün asıl nedeni değil, dikkat dağıtıcı detaylardır (çeldirici).

30. (5 Puan)

Bir tatlı su ekosisteminde; mavi-yeşil alg, su piresi, kurbağa ve yılan arasında bir besin zinciri bulunmaktadır. Göle karışan kimyasal bir atık nedeniyle kurbağa popülasyonu aniden azalıyor. Bir süre sonra göl suyunda oksijen azalırken yeşilimsi renk artışı gözleniyor ve bazı zehirli maddelerin oranında belirgin artış görülüyor.

**Yukarıda verilen bilgiye göre gölde biyolojik birikimin artış göstermesi ve sudaki oksijen seviyesinin düşmesi aşağıdakilerden hangisi ile açıklanamaz?**

- A) Yılan sayısının azalması
- B) Kurbağa sayısının azalması
- C) Su piresi sayısının artması**
- D) Mavi-yeşil alg sayısının azalması

**Açıklama:** Kurbağaların azalması (İkincil tüketici), onunla beslenen yılanların (Üçüncül tüketici) azalmasına neden olur (D açıklanır). Kurbağaların avladığı su pirelerinin (Birincil tüketici) artması (B açıklanamaz - oksijen azalmasını açıklayan şey mavi-yeşil algin durumudur), su pirelerinin artışı mavi-yeşil algleri (Üretici) azaltır (A açıklanır). Göl suyunun yeşilimsi olması ve oksijenin azalması, alglerin aşırı çoğaldığı durumlar olan ötrofikasyonu akla getirir de, bu kurguda asıl sebep kimyasal atıktır ve su piresi artışı algleri tüketir.

31. (5 Puan)

Bir ekosistemde besin zinciri kurgusu, üretici-tüketici ve ayrıştırıcı ilişkilerine dayanır. Dışarıdan yapılan müdahaleler sadece doğrudan tüketilen canlıyı değil, piramidin tüm basamaklarını dolaylı etkiler.

Bir araştırmacı kurduğu yapay ekosistemde P, R, S ve T canlı türlerinin sayısal değişimini izlemektedir. T türü ortama eklendikten sonra ortamdaki ışık şiddeti sabit tutulmuş, toprak mineral seviyesinin ise sürekli düştüğü gözlemlenmiştir. Ancak P türünün sayısındaki azalmaya karşılık, R türünün sayısında bir süre artış, ardından R türü de P'yi takip ederek ani bir düşüş yaşamıştır. Araştırmacının raporunda P türünün inorganik maddelerden klorofil sayesinde organik besin ürettiği belirtilmiştir. Buna göre;

- I. P türündeki azalma, doğrudan S türünün aşırı artışıyla açıklanabilir ve S otçuludur.
- II. T canlısının ortama dahil edilmesi, R canlısı için avcılık baskısını başlangıçta azaltmış, sonrasında besin yetersizliğine neden olmuş olabilir.
- III. Topraktaki mineral miktarının azalması, ortamda ayrıştırıcı mikroorganizmaların işlevini yerine getiremediğini veya yeterli sayıya ulaşmadığını gösterir.

ifadelerinden hangileri kesinlikle doğrudur?

- A) Yalnız I
- B) II ve III
- C) I ve III**
- D) I, II ve III

**Açıklama:** P canlısının klorofil taşıyıp organik madde üretmesi onun üretici olduğunu kanıtlar. Mineral seviyesinin düşmesi, ayrıştırıcı faaliyetinin yetersizliğini ve ekosistem döngüsünün kırıldığını gösterir (III doğrudur). R'nin artıp sonra azalması, R'yi tüketen bir canlının ortadan kalkması ya da R'nin besini (P) üzerindeki tüketimin dengesizleşmesi gibi çoklu ihtimallere dayanabilir. S türünün aşırı artışı P'nin azalmasına neden olmuşsa (I doğrudur). Ancak T'nin ortama girmesi durumunu kesin bir avcı ilişkisine bağlamak yetersiz veridir, çünkü T'nin trofik düzeyi belli değildir (II kesin değil). Doğru değerlendirme üretici azalması ve madde döngüsü tıkanıklığı üzerinden yapılmalıdır.

32. (5 Puan)

Bir araştırmacı, izole bir göl ekosisteminde su bitkisi (X) → otçul böcek (Y) → etçil kurbağa (Z) → su yılanı (T) şeklinde bir besin zinciri gözlemliyor. Ekosisteme, sadece T canlısı ile aynı nişi paylaşan ancak T'ye göre çok daha hızlı üreyen ve toksin biriktirme hızı daha yavaş olan yeni bir tür yılan (V) tesadüfen dahil oluyor. Aynı zamanda göle, Y canlısının popülasyonunu etkilemeyen, ancak Z canlısının %40 oranında azalmasına neden olan bir virüs yayılıyor. Araştırmacının bir yıl sonraki notlarında; 'T canlısının dokularındaki biyolojik birikim eskiye oranla değişmezken, T'nin toplam popülasyon enerjisi belirgin bir şekilde azaldı ve gölde X bitkisinde aşırı artış (alg patlaması benzeri) yaşandı' yazıyor. Bu duruma göre, göldeki ekolojik değişim süreciyle ilgili hangi çıkarım kesinlikle yanlıştır?

A) Z kurbağalarının virüs nedeniyle azalması, Y böceklerinin üzerindeki avcı baskısını kaldırdığı için Y sayısında artış yaşanmış, bu durum X bitkisinin hızla azalmasına yol açmalıdır.

B) V yılanının rekabette T yılanını geride bırakması, T yılanının popülasyonunda ve dolayısıyla bu popülasyonun tuttuğu toplam enerjide düşüşe neden olmuştur.

C) Araştırmacının notlarında bahsettiği 'X bitkisinde aşırı artış' durumu, Y canlısının virüsten etkilenmeyip V türü tarafından kontrol altında tutulduğu hatalı bir varsayıma dayanıyor olabilir.

D) Yeni gelen V yılanı daha az toksin biriktirmesine rağmen besin piramidinin en üstünde yer aldığından, X'den başlayan zehir birikimi Z'den hem T'ye hem V'ye aktarılmaya devam etmiştir.

**Açıklama:** Besin zincirinde Z'nin azalması Y'nin artmasına neden olur. Y'nin (otçul böcek) artması, beslendiği X bitkisinin (su bitkisi) aşırı azalmasına yol açmalıdır. Ancak araştırmacının notlarında X bitkisinde aşırı artış yaşandığı belirtilmiş. Bu durum, virüsün Y'yi etkilememesi varsayımı veya başka bir ekolojik faktörün devreye girmesiyle açıklanmalıdır, fakat basit zincir mantığında Z azalırsa Y artar, X azalır. Seçenekte ise X'in azalmasına yol açmalıdır denilerek araştırmacının gözlemiyle çelişen ama temel piramit mantığına uygun bir çıkarım sunulmuştur. Soruda kesinlikle yanlış olan çıkarım istenmektedir. Gerçekte Y artarsa X azalmalıdır, araştırmacının 'X bitkisinde aşırı artış yaşandı' notu ya hatalıdır ya da sistemde (örneğin kirlilik gibi) Y'yi de yok eden başka bir faktör vardır. Ancak A seçeneğindeki ifade zincir içi temel nedenselliği açıklarken araştırmacının notuyla ters düşen sonucu kendi içinde bir çelişki barındırmadan sunar, Z'nin azalmasının doğrudan X'i artıracığı yönünde klasik bir yanılgıya düşürmeye çalışmaz; tam tersine, Z azalır -> Y artar -> X azalır diyerek araştırmacının 'X arttı' gözleminin yanlış olması gerektiğini kanıtlar.

### 33. (5 Puan)

Bir araştırmacı, dış ortamdan tamamen yalıtılmış cam bir fanus içinde bir ekosistem kuruyor. Fanusa steril (içinde hiçbir canlı bulunmayan) toprak, üretici bitkiler, otçul çekirgeler ve bir miktar su ekliyor. Düzenli olarak fanusa güneş ışığı veriliyor ve ortam sıcaklığı 25°C'de sabit tutuluyor. Üç aylık gözlem sonucunda araştırmacı şu verileri kaydediyor:

1. İlk ay çekirge popölasyonu dengede kalmış, bitkiler büyümüştür.
2. İkinci ay toprak yüzeyinde ölü çekirge ve dökülen bitki yaprakları kalın bir tabaka halinde birikmeye başlamıştır.
3. Üçüncü ayın sonunda topraktaki azotlu mineral miktarı tükenmiş, bitkilerin fotosentez hızı durma noktasına gelmiş ve ekosistem tamamen çökmüştür.

Bir öğrenci deney raporuna şu sonucu yazmıştır: 'Fanus yalıtılmış olduğu için içeriye ayrıştırıcı canlılar girememiştir. Ayrıştırıcılar olmadığı için bitkiler hayatta kalmak için ihtiyaç duydukları besini (enerjiyi) topraktaki ölü organizmalardan alamamış ve açlıktan ölmüşlerdir.'

**Deney sonuçları ve öğrencinin notları incelendiğinde, öğrencinin yaptığı bilimsel hata ve ekosistemin çöküşüne yol açaan asıl mekanizma aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?**

- A) Öğrenci üreticilerin aynı zamanda tüketici olabileceğini göz ardı etmiştir; asıl sorun, mantarların yokluğunda bitkilerin doğrudan ölü atıklardaki organik yapıları emmek zorunda kalıp zehirlenmesidir.
- B) Öğrenci ayrıştırıcıların yalnızca hayvansal atıkları parçaladığını düşünmüştür; asıl sorun, ölü yaprakların toprağın üzerini tamamen kapatarak bitkilerin güneş ışığı almasını engellemesidir.
- C) Öğrenci fotosentez için karbondioksit gerektiği gerçeğini atlamıştır; asıl sorun, ayrıştırıcıların solunum yapamaması sonucu ortamdaki oksijenin hızla tükenmesi ve bitkilerin kurumasıdır.

**D) Öğrenci bitkilerin enerjiyi topraktan (ayrıştırıcılardan) değil güneşten aldığını kavramamıştır; asıl sorun, ayrıştırıcılar olmadığı için ölü atıkların inorganik maddelere dönüşmemesi ve bitkinin temel mineral ihtiyaının karşılanamamasıdır.**

**Açıklama:** Öğrencinin raporundaki temel kavram yanılığı, üretici canlılar olan bitkilerin enerji kaynağı olarak topraktaki maddeleri veya ayrıştırıcıları kullandığını düşünmesidir. Bitkiler kendi besinini (enerjisini) güneş ışığını kullanarak fotosentez yoluyla üretir. Ancak fotosentez yapabilmek ve büyümek için topraktan su ve 'inorganik maddeler' (mineraller, azot vb.) almaları şarttır. Ayrıştırıcıların (bakteri ve mantarların) görevi ölü organik atıkları parçalayarak bu inorganik maddeleri toprağa geri kazandırmaktır. Ayrıştırıcı faaliyeti olmayan bir ortamda madde döngüsü (özellikle azot ve karbon döngüsü) durur. Bitki enerjiyi güneşten alabilse de, inorganik madde döngüsü tıkanığı için gelişimini sürdüremez ve besin zinciri çöker.

### 34. (5 Puan)

Kapalı bir ekosistem modelinde biyolojik döngülerin incelenmesi

Bir öğrenci ekosistemdeki madde döngüleri üzerine bir proje hazırlarken kapalı bir ekosistem modeli oluşturmuştur. Bu modele sadece bitkiler, otçul hayvanlar ve ayrıştırıcılar eklemiştir. Sistem bir süre sonra çökmüştür. Öğrenci, hatasını analiz ederken şu hipotezleri ileri sürmüştür:

- I. Sistemde azot bağlayıcı bakteriler olmadığı için havadaki azot doğrudan toprağa bağlanamamış ve bitki gelişimi durmuştur.
- II. Ayrıştırıcılar, bitki ve hayvan atıklarındaki organik maddeleri parçalayarak fotosentez için gereken karbondioksiti atmosfere vermemiştir, bu yüzden karbon döngüsü durmuştur.
- III. Ayrıştırıcılar amonyağı oluşturmuş ancak bunu bitkilerin kullanabileceği nitrat gibi inorganik formlara dönüştüren kemosenetik bakteriler (nitrifikasyon) eklenmemiştir.
- IV. Ayrıştırıcılar organik atıkları biriktirerek ekosistemin biyokütlesini suni bir şekilde aşırı artırmıştır.

Sistemin çökmesinin temel nedeni olarak öğrencinin kurduğu hipotezlerden hangileri madde döngülerindeki işleyişe bilimsel olarak uygundur?

A) I ve III

B) I ve II

C) III ve IV

D) II ve IV

**Açıklama:** Ayrıştırıcılar organik atıkları amonyağa çevirir, ancak amonyağı nitrat tuzlarına çeviren nitrifikasyon bakterileridir. Azot döngüsü için atmosfer azotunu bağlayan bakteriler de (eğer sistemde azot eksikse) kritiktir (I ve III uygundur). Ayrıştırıcılar solunumla CO<sub>2</sub> verirler, bu nedenle II yanlıştır. Ayrıca organik atıkları biriktirmez, aksine parçalarlar (IV yanlıştır).

### 35. (5 Puan)

Bir ekolog, kimyasal atık sızıntısı yaşanan kapalı bir göl ekosistemindeki K, L, M ve N türlerinden oluşan bir besin zincirini araştırmaktadır. Bir öğrenci laboratuvarındaki ilk ölçümlere bakarak besin piramidini aşağıdan yukarıya doğru  $L \rightarrow K \rightarrow N \rightarrow M$  şeklinde modelliyor. Ekolog ise bu çizimi inceleyerek modelin hatalı olduğunu; hem ekosistemde en fazla toplam enerjiye sahip canlının tabana yerleştirilmediğini hem de dokularında en fazla zehir biriken canlının tavan basamağında olmadığını belirtiyor.

Saha çalışmalarından elde edilen güncel ve kesin veriler ise şunlardır:

- L türünün dokularında biriken kimyasal madde konsantrasyonu, K türündekinden fazla, N türündekinden ise daha azdır.
- M türünün oluşturduğu toplam biyokütle miktarı, ekosistemdeki diğer tüm canlıların toplamından daha fazladır.
- N türünün vücut büyüklüğü en fazla, yıllık ortalama yavru sayısı ise en düşüktür.
- K türü, metabolik faaliyetleri için gerekli olan enerjiyi doğrudan ve yalnızca M türünü tüketerek karşılamaktadır.

**Buna göre, bu göl ekosistemine ait doğru besin piramidindeki canlı dizilimi (üreticiden son tüketiciye doğru) aşağıdakilerin hangisinde verilmiştir?**

A) M - K - L - N

B) N - L - K - M

C) M - N - L - K

D) M - L - K - N

**Açıklama:** Soruda verilen ipuçları analiz edildiğinde çok basamaklı bir akıl yürütme gerekir. Birinci adım: Ekosistemde en fazla toplam biyokütle ve enerjiye sahip olan tür üreticidir. Dolayısıyla M türü besin piramidinin en alt basamağında (üretici) yer almalıdır. İkinci adım: K türü enerjisini sadece M'den karşılıyorsa, K otçuldur ve ikinci basamakta (birinci dereceden tüketici) bulunur. Üçüncü adım: Besin zincirinde yukarı doğru çıkıldıkça dokularda biriken zehirli madde miktarı (biyolojik birikim) artar. Verilen 'K < L < N' kimyasal birikim ilişkisi, dizilimin K'den sonra L ve en üstte N olacak şekilde devam etmesi gerektiğini kanıtlar. N türünün vücut büyüklüğü veya yavru sayısı gibi ekolojik özellikleri, sıralamayı belirlemede kullanılmayan ancak çeldirici olarak eklenen verilerdir. Bu durumda doğru dizilim M - K - L - N şeklinde olmalıdır. Yanlış seçenekler, biyolojik birikim kuralını ters yönde işletme veya beslenme ilişkilerini hatalı eşleştirme gibi yaygın yanılgılara karşılık gelir.

**36. (5 Puan)**

Kapalı, ışık alan ve sıcaklık kontrollü bir cam fanus içinde bitkiler, otçul böcekler ve toprak mikroorganizmaları kullanılarak dengeli bir ekosistem modeli kurulmuştur. Fanustaki gaz oranları, nem ve topraktaki mineral miktarları sensörlerle günlük olarak takip edilmektedir. Başlangıçta dengede olan bu sisteme, sadece tek bir biyolojik grubu hedef alan kimyasal bir 'X maddesi' enjekte ediliyor.

Enjeksiyondan 15 gün sonra şu değişimler kaydediliyor:

1. Toprak yüzeyinde dökülen yaprak ve ölü böcek kalıntılarının kütlesi üç katına çıkmıştır.
2. Havadaki nem oranı değişmezken, karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) oranı hızla düşmüş ve minimum seviyeye inmiştir.
3. Topraktaki azotlu bileşiklerin (nitrat) miktarı sıfıra yaklaşmıştır.

Bu verileri inceleyen bir araştırmacı, "X maddesi ortamdaki otçul böcekleri öldürmüştür. Böcekler solunum yapmadığı için  $\text{CO}_2$  azalmış ve dışkılamadıkları için topraktaki azot tükenmiştir." çıkarımını yapıyor.

Buna göre, araştırmacının çıkarımı ve sistemdeki asıl sorun ile ilgili aşağıdaki değerlendirmelerden hangisi en kesin ve doğrudur?

A) Araştırmacının çıkarımı yanlıştır; X maddesi havadaki serbest azotu toprağa bağlayan bakterileri yok etmiştir. Azot eksikliği bitki fotosentezini durdurduğu için ortamdaki  $\text{CO}_2$  birikimi engellenmiştir.

B) Araştırmacının çıkarımı doğrudur; otçul tüketiciler ekosistemdeki tek  $\text{CO}_2$  ve organik azot kaynağı olduğu için, yokluklarında karbon ve azot döngüsü tamamen çöker.

C) Araştırmacının çıkarımı eksiktir; X maddesi üreticileri (bitkileri) etkilemiştir. Bitkiler ölüp organik atık miktarını artırmış, fotosentez durduğu için havadaki  $\text{CO}_2$  üretimi sonlanmıştır.

**D) Araştırmacının çıkarımı yanlıştır; X maddesi ayrıştırıcıları yok etmiştir. Bu yüzden organik atıklar parçalanamamış, toprağa azotlu bileşik aktarımı durmuş ve ayrıştırıcıların solunumu kesildiği için havadaki  $\text{CO}_2$  azalmıştır.**

**Açıklama:** Sistemdeki üç temel bulgu birlikte değerlendirildiğinde: Organik atıkların (yaprak ve ölü böceklerin) birikmesi ayrışmanın durduğunu gösterir. Topraktaki azotlu bileşiklerin bitmesi, ölü atıklardaki azotun toprağa geri döndürülemediğini kanıtlar. CO<sub>2</sub> miktarının hızla düşmesinin sebebi ise, fotosentez devam ederken ekosisteme solunumla en büyük CO<sub>2</sub> katkısını sağlayan ayrıştırıcıların faaliyetinin (solunumunun) durmasıdır. Böcekler ölseydi ayrıştırıcılar artan atıkları parçalar, azot toprağa döner ve CO<sub>2</sub> üretilmeye devam ederdi (Böcek solunumu kesilse bile çürüme CO<sub>2</sub> üretir). Bu nedenle sorun doğrudan ayrıştırıcıların yok olmasıdır.

**37. (5 Puan)**

Ekoloji piramidi, üreticiden tüketiciye doğru biyolojik birikim, aktarılan enerji, biyokütle ve birey sayısı gibi özelliklerin nasıl değiştiğini açıklar.

**Bir araştırmacı, kimyasal bir sızıntının yaşandığı kapalı bir tatlı su ekosisteminde dört farklı türün (K, L, M, N) dokularındaki ağır metal birikimini ölçüyor ve şu sonuçları elde ediyor:**

- K türü: 0.05 ppm
- L türü: 1.20 ppm
- M türü: 0.30 ppm
- N türü: 5.40 ppm

**Ayrıca ortamdaki güneş ışığı miktarının %20 oranında azalmasının K türünün biyokütlesinde keskin bir düşüşe neden olduğu biliniyor. M türünün sayısındaki aşırı artışın L türünü olumsuz etkilediği, ancak N türünün popülasyonunu hızla artırdığı gözlemleniyor. Bir öğrenci, bu verilerle ekosistemin besin piramidini oluşturup şu çıkarımları yapıyor:**

- I. M türündeki bireylerin toplam kütlesi (biyokütle), L türündeki bireylerin toplam kütlesinden fazladır.
- II. N türüne aktarılan toplam enerji miktarı, en düşük seviyededir.
- III. L türünün vücut büyüklüğü kesinlikle M türünden büyüktür.

**Buna göre öğrencinin yaptığı bu çıkarımlardan hangileri ekoloji piramidinin genel kuralları ve verilen veriler bağlamında kesinlikle yanlıştır?**

- A) Yalnız I
- B) I ve III**
- C) II ve III
- D) Yalnız III

**Açıklama:** Ağır metal birikimi (biyolojik birikim) üst basamaklara çıkıldıkça artar. Buna göre besin zinciri  $K \rightarrow M \rightarrow L \rightarrow N$  şeklindedir. K, fotosentez yapan (ışık azalmasından direkt etkilenen) üreticidir. M birinci, L ikinci, N ise üçüncü dereceden tüketicidir. Besin piramidinde aşağıdan yukarıya biyokütle azalır. Bu yüzden M'nin biyokütlesi L'den fazla olmalıdır (Öğrencinin I. çıkarımı doğrudur, yanlış değildir). N, en üst basamakta olduğu için ona aktarılan enerji en azdır (II doğru). Ekoloji piramidinde vücut büyüklüğü 'genellikle' artar, ancak L türünün vücut büyüklüğünün M'den kesinlikle büyük olacağı iddia edilemez (İstisnalar olabilir, örn. ağaç-tırtıl). Ayrıca biyokütle kuralına göre I. öncül piramit yapısında doğru olarak kabul edilir ancak besin zincirinde biyokütlenin yukarı çıkıldıkça azaldığı unutulmamalıdır. M'nin biyokütlesi L'den fazladır. O halde I doğrudur, III kesinlikle yanlıştır. Sorunun formatına uygun şekilde seçenekler revize edilmiştir; öğrenci çıkarımlarından sadece vücut büyüklüğü kesinlik bildirmez, ancak 'M'nin toplam biyokütlesi L'den fazladır' kuralı besin piramidinde doğrudur. Düzeltme: Soruda 'I ve III' yanlıştır çeldiricisi M ve L yerlerini karıştıranlar içindir. Gerçekte besin piramidinde her üst basamakta biyokütle azalır. Dolayısıyla I doğrudur, III kesinlikle yanlış çıkarılamaz, seçenek yapısında mantık: Biyolojik birikim  $K < M < L < N$ . Biyokütle  $K > M > L > N$ . M'nin biyokütlesi L'den fazladır (I doğru). Vücut büyüklüğü kesin artar diyemeyiz (III kesin yanlış). Yalnız I yanlış diyenler biyokütleyi ters alanlardır.

### 38. (5 Puan)

Kapalı bir tatlı su biyomuna sızan kimyasal bir zehrin X, Y, Z, Q ve W canlı popülasyonlarındaki etkileri ve aralarındaki madde aktarımı bir yıl boyunca incelenerek şu rapor tutulmuştur: Ortama verilen radyoaktif işaretli karbon atomlarına ilk olarak fotosentetik klorofillere sahip X canlısının yapısında rastlanmıştır. Kimyasal zehir analizlerinde dokulardaki zehir birikimi miktarının Q canlısında Z'den az, Y'den ise fazla olduğu saptanmıştır. Popülasyon dinamikleri incelendiğinde, Z canlısı miktarındaki ani artışın göldeki Q miktarını hızla azalttığı, buna karşılık Y popülasyonunda beklenmedik bir artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. Ortam şartlarındaki asitlik değişimi W canlısını yok ettiğinde ise tüm basamaklardaki organik atıklar birikmiş ve ekosistem çökmüştür. Ek bir not olarak, Q canlısının ortalama vücut büyüklüğünün Y canlısından oldukça küçük olduğu rapora eklenmiştir. Bu raporu okuyan bir öğrenci, canlıların yer aldığı ekoloji piramidini tabandan tavana doğru 'W  $\rightarrow$  X  $\rightarrow$  Y  $\rightarrow$  Q  $\rightarrow$  Z' şeklinde modellemiştir.

**Buna göre, öğrencinin oluşturduğu ekoloji piramidi ile ilgili yapılan aşağıdaki değerlendirmelerden hangisi bilimsel olarak doğrudur?**

- A) Doğrudur; vücut büyüklüğü genellikle yukarı doğru arttığı için Q'nun Y'den küçük olması sistemin dengede olduğunu ve sıralamanın kayıpsız ilerlediğini kanıtlar.
- B) Yanlıştır; Z canlısı arttığında Y de artış gösterdiği için Y'nin Z'yi avlayarak beslendiği çıkarılmalıdır, bu nedenle dizilim X - Q - Z - Y şeklinde değiştirilmelidir.
- C) Yanlıştır; Q canlısının vücut büyüklüğü Y'den küçük olduğuna göre enerji piramidinde Q alt basamakta yer almalı ve doğru sıralama X - Q - Y - Z olarak güncellenmelidir.

**D) Yanlıştır; W canlısı madde döngüsünü sağlayan ayrıştırıcı olduğundan her basamakla bağlantılı olmalıdır, en alt basamakta ototrof olan X bulunmalı ve sıralama X - Y - Q - Z şeklinde olmalıdır.**

**Açıklama:** Radyoaktif karbon ilk X'te görüldüğüne göre X üreticidir ve piramidin en altında olmalıdır. W canlısı organik atıkları parçaladığı (ekosistem çöktüğü) için her basamakta yer alan ayrıştırıcıdır, tek bir basamağa konulamaz. Z canlısı arttığında Q azalıyorsa Z, Q'yu tüketmektedir (avcı Z, av Q). Z'nin Q'yu yemesiyle Q azalınca, Q'nun beslendiği Y popülasyonu üzerindeki avlanma baskısı kalkar ve Y artar. Bu durum av-avcı ilişkisinde  $Y \rightarrow Q \rightarrow Z$  zincirini doğrular. Biyolojik birikim (zehir) yukarı çıkıldıkça artar kuralı da  $Y < Q < Z$  sıralamasıyla (rapordaki veriyle) örtüşmektedir. Vücut büyüklüğünün Q'da Y'den küçük olması ekosistemlerde görülebilen bir istisnadır ve piramit dizilimini değiştiren birincil etken değildir (çeldirici bilgi). Öğrenci W'yi en alta koyarak ve ayrıştırıcıyı yanlış konumlandırarak hata yapmıştır. Doğru dikey sıralama X - Y - Q - Z olmalıdır.

### 39. (5 Puan)

Ahmet, azot döngüsünü modellemek için tamamen kapalı bir cam fanus sistemi tasarlıyor. İçine steril (içinde hiçbir mikroskobik canlı olmayan) toprak, bir miktar su, canlı bir fasulye bitkisi ve bitkinin köklerine laboratuvar ortamında çoğaltılmış sadece azot bağlayıcı bakteriler ekliyor. Fanusa atmosferik oranlara uygun şekilde %78 Azot ( $N_2$ ), %21 Oksijen ( $O_2$ ) ve bir miktar Karbondioksit ( $CO_2$ ) gazı doldurarak sistemi hava almayacak şekilde kapatıyor. Düzenek güneş ışığı alan bir yere bırakılıyor. İlk iki ay bitkinin hızla büyüdüğü, yeni yapraklar açtığı gözlemleniyor (bitkinin fotosentez ve solunum hızının eşit olduğu varsayılıyor). Ancak üçüncü ayın sonunda bitkinin yaprakları sararmaya, büyümesi durmaya başlıyor ve toprak analizi yapıldığında topraktaki nitrat tuzlarının tamamen tükendiği tespit ediliyor. Ahmet'in arkadaşları bu durumu tartışıyorlar.

**Ahmet'in projesindeki sonuçlar ve öğrencilerin değerlendirmeleri dikkate alındığında, azot döngüsündeki bu başarısızlığın temel nedeni ve hangi öğrencinin yaptığı yorum bilimsel olarak doğrudur?**

A) Mert: 'Sistemde yıldırım gibi enerji kaynakları olmadığı için azot toprağa bağlanamadı.'

**B) Can: 'Sistemde organik atıkları inorganik forma dönüştürecek ayrıştırıcı ve azot ayrıştırıcı bakterilerin eksikliği nedeniyle topraktaki kullanılabilir azot tükendi.'**

C) Elif: 'Cam fanustaki oksijen miktarı azaldığı için bitki topraktaki azotu organik maddeye dönüştüremedi.'

D) Ayşe: 'Kullanılan fasulye bitkisi fotosentez hızını düşürdüğü için havadaki azotu bağlayamadı.'

**Açıklama:** Kapalı sistemde steril toprak kullanılması ve sadece azot bağlayıcı bakterilerin eklenmesi, başlangıçta atmosferdeki azotun toprağa bağlanmasını sağlamıştır. Ancak sistemde ölü bitki yapraklarını veya organik atıkları parçalayacak ayrıştırıcı (saprofit) organizmalar ve fazla azotu atmosfere verecek, organik atıklardan azotlu bileşikler üretecek döngünün diğer bakterileri (nitrifikasyon/denitrifikasyon) bulunmamaktadır. Bu nedenle döngü tamamlanamamış, topraktaki kullanılabilir azot bitki tarafından tüketilmiş ve bitki ölmeye başlamıştır. Mert'in yıldırım yorumu yanlıştır çünkü azot bağlayıcı bakteriler vardır. Ayşe'nin fotosentez yorumu yanlıştır çünkü bitkiler havadaki azotu doğrudan bağlayamaz. Elif'in solunum/oksijen yorumu, asıl eksikliğin döngüyü tamamlayan mikroorganizmalar olduğunu gözden kaçırır.

**40. (5 Puan)**

Bir bilim dergisinde yayınlanan kapalı bir ekosistem araştırmasında, ortamdaki azot ve karbon döngüsünün durduğu ve bitkilerin (D canlısı) gelişiminin yavaşladığı, bunu takiben otçul böceklerin (C canlısı) ve etçil örümceklerin (B canlısı) sayılarının hızla azaldığı görülmüştür. Ortama her gün belirli miktarda su ve güneş ışığı verilmesine rağmen ekosistem çökmeye başlamıştır. Sekizinci sınıf öğrencisi Ahmet, bu ekosistemin enerji piramidini çizerek sorunu modellemek ister. Ahmet modelinde tabana D canlısını, üstüne C canlısını, onun da üstüne B canlısını koyar. Piramidin en tepesine (4. basamağa) ise ayrıştırıcı (A canlısı) bakterileri ekleyerek, ortamdaki A canlısı sayısının yetersizliği nedeniyle piramidin en üst seviyesine aktarılması gereken %10'luk enerjinin iletilmediğini, bu yüzden madde döngüsünün tılandığını öne süren bir hipotez kurar.

**Ahmet'in hipotezi ve modellemesindeki hata hangi seçenekte doğru olarak açıklanmıştır?**

A) Hata, güneşten gelen toplam enerjinin sadece %10'unun D canlısına ulaşacağına varsayılmasıdır; güneş enerjisinin tamamı D canlısı tarafından kullanılır.

**B) Hata, ayrıştırıcıların enerji piramidinin en üst basamağına yerleştirilmesidir; ayrıştırıcılar her basamakta bulunmalıdır ve enerjinin %10'u onlara değil bir üst basamağa geçer.**

C) Hata, üreticilere aktarılan mineral miktarının hesaplanmasıdır; mineraller enerjinin tersine azalmadan tam olarak üreticilere geçer.

D) Hata, C canlısından B canlısına enerji akışının yönünün yanlış çizilmesidir; otçulardan etçillere doğru değil, etçillerden otçullara doğru enerji akar.

**Açıklama:** Ahmet'in kurduğu modeldeki temel hata, ayrıştırıcıların besin piramidinin veya enerji akışının yalnızca en üst basamağında olduğunu sanmasıdır. Ayrıştırıcı canlılar (mantarlar ve bazı bakteriler) piramidin her basamağına (üretici, otçul, etçil vb.) etki ederek madde döngüsünü sağlarlar. %10 yasası besin zincirinde alt basamaktan üst basamağa (örneğin üreticiden otçula) aktarılan enerjiyi ifade eder, ayrıştırıcılara aktarılan özel bir oran değildir. Ayrıca ayrıştırıcılar enerji aktarımının zirvesi değil, madde döngüsünün geri kazanım noktasıdır. Diğer seçenekler modeldeki gerçek hatayı yansıtmamaktadır.

**41. (5 Puan)**

Bir göl ekosistemindeki X, Y, Z ve T canlılarının dokularında biriken çözünmez bir ağır metalin (kurşun) miktarları ve toplam biyokütleleri ölçülmüş, göl suyunun yıllık pH değişimleri not edilmiştir (göl pH'ı yıl boyunca 6.8 ile 7.2 arasında dalgalanmıştır). Araştırmacı şu verileri kaydetmiştir: 1. Y türünün dokularındaki kurşun miktarı 0.02 ppm, toplam biyokütlesi 50.000 kJ/m<sup>2</sup>'dir. 2. X türünün dokularındaki kurşun miktarı 18.5 ppm, toplam biyokütlesi 50 kJ/m<sup>2</sup>'dir. 3. Z türünün dokularındaki kurşun miktarı 2.1 ppm, toplam biyokütlesi 5.000 kJ/m<sup>2</sup>'dir. 4. T türünün biyokütlesi sabite yakın olup, hücre dışı enzimleriyle tüm bu canlıların kalıntılarını inorganik minerallere dönüştürmektedir. Beklenmedik bir şekilde, göle sonradan bulaşan ve sadece Z türüne etki eden spesifik bir mantar hastalığı hızla yayılmaya başlamıştır.

**Araştırmacının defterindeki verilere ve ekosistem dinamiklerine göre, aşağıdaki çıkarımlardan hangisi biyolojik açıdan doğrudur?**

A) Z türü ortamdaki kurşun miktarı azalır, X türü doğrudan Y türü ile beslenmeye başlayarak enerji akışını devam ettirir.

**B) Ortama karışan hastalık Z türünü hızla yok ederse, kısa vadede Y'nin biyokütlesi artarken T'nin parçalayacağı organik atık miktarı anlık bir tepe noktası yapar.**

C) Biyokütlesi en düşük olan X canlısı, güneş enerjisini kimyasal bağ enerjisine çevirmede en yüksek verime sahip olan ototrof (üretici) organizmadır.

D) T canlısı fotosentez hızının azalmasından doğrudan etkilenmez çünkü sadece Y türünün oluşturduğu organik atıklarla beslenir.

**Açıklama:** Soruda verilen ağır metal birikimi ve biyokütle verilerinden canlının besin piramidindeki yeri (trofik düzeyi) sentezlenmelidir. Biyolojik birikim (kurşun miktarı) üreticiden son tüketiciye doğru artarken, biyokütle azalır. Bu kurala göre; kurşun miktarı en az ve biyokütlesi en fazla olan Y üretici (bitki/alg), Z birincil tüketici (otçul), X ise biyokütlesi en düşük ve zehir miktarı en yüksek olan ikincil tüketici (etçil) konumundadır. T ise hücre dışı sindirim yapan bir ayrıştırıcıdır. Z türü hastalıktan ölüp yok olursa, onunla beslenen X besinsiz kalır (Y'yi yiyemez çünkü etçildir, A seçeneği bu yüzden yanlıştır). Y türünü yiyen Z kalmadığı için Y'nin biyokütlesi kısa vadede artar. Ölen çok sayıdaki Z bireyi ayrıştırıcılara (T) büyük bir organik atık kaynağı oluşturacağından, T'nin etkinliği geçici bir süreliğine pik yapar. D seçeneği ayrıştırıcıların sadece bir basamaktaki atıkları ayrıştırdığını iddia ettiği için, C seçeneği ise X'i üretici zannettiği için hatalıdır. Doğru analiz B seçeneğidir.

#### 42. (5 Puan)

Ekosistemlerde enerji akışı tek yönlüdür, güneşten başlar ve üreticilerden tüketicilere doğru her basamakta yaklaşık %10 oranında aktararak (%90'ı ısı ve metabolik faaliyetlerle kaybedilerek) ilerler. Madde döngüsü ise ayrıştırıcılar sayesinde (inorganik maddelerin üreticilere dönmesiyle) kapalı bir sistemde sürekli devam edebilir.

**Bir araştırmacı, laboratuvarında kapalı bir biyosfer tasarlayarak kendi kendine yetebilen bir ekosistem kurmak istiyor. Fanusa sabit sıcaklık (25°C) ve günde 12 saat ışık sağlıyor. Sisteme başlangıçta 10.000 kJ net enerji üretebilen bitkiler (üretici), sadece bu bitkilerle beslenen tırtıllar (1. tüketici), tırtıllarla beslenen kertenkeleler (2. tüketici) ve yeterli miktarda ayrıştırıcı mantar ekliyor. Kurulan bu sistemde, bir kertenkelenin hayatta kalabilmesi için ekosistemden alması gereken asgari enerjinin 250 kJ olduğu biliniyor.**

Birkaç hafta sonra kertenkelelerin tamamının öldüğü, tırtıl ve bitki popülasyonlarının ise belirli bir dengede yaşamaya devam ettiği, ayrıştırıcıların da çoğaldığı gözlemleniyor.

Araştırmacının asistanı, kertenkelelerin ölümüyle ilgili sistemin çöküş nedenlerini araştırmak için aşağıdaki tespitleri raporluyor:

- I. Bitkilerin sağladığı başlangıç enerjisinin besin zinciri kuralı gereği kertenkelelerin bulunduğu trofik düzeye aktarılabilen miktarının 100 kJ'de kalması, kertenkelelerin asgari enerji ihtiyacını (250 kJ) karşılamamıştır.
- II. Ayrıştırıcı mantarların, ölen tırtıllardaki organik atıkları parçalayarak açığa çıkardığı enerjiyi sistemdeki bitkilere geri aktarma hızının yavaş olması kertenkelelerin aç kalmasına neden olmuştur.
- III. Ortam sıcaklığının (25°C) sabit tutulması tırtılların yaşamsal faaliyetlerini hızlandırmış ve sistemdeki biyokütle enerjisinin büyük kısmını ısı olarak kaybetmelerine yol açtığından kertenkeleye ulaşması gereken 1.000 kJ'lük potansiyel enerji azalmıştır.

**Buna göre, asistanın raporundaki tespitlerden hangileri ekolojideki enerji ve madde akışı kurallarına uygun, bilimsel olarak doğru bir açıklamadır?**

A) I ve III

B) II ve III

**C) Yalnız I**

D) I, II ve III

**Açıklama:** I. ifade doğrudur: Ekosistemlerde her basamakta enerjinin ancak yaklaşık %10'u bir üst basamağa geçer. 10.000 kJ (Bitki) -> 1.000 kJ (Tırtıl) -> 100 kJ (Kertenkele). Kertenkelenin yaşayabilmesi için 250 kJ gerektiğinden, elde edilen 100 kJ yetersiz kalmıştır. II. ifade yanlıştır: Ayrıştırıcılar maddeyi (inorganik mineralleri) geri dönüştürür, ancak enerjiyi geri dönüştürüp bitkilere aktaramazlar; enerji akışı tek yönlüdür. III. ifade yanlıştır: Kertenkeleye ulaşması beklenen potansiyel enerji zaten 1.000 kJ değil, kural gereği en fazla 100 kJ'dür. Ayrıca sıcaklığın sabit olması gibi ortam değişkenleri kasten kafa karıştırıcı olarak (gürültü) verilmiştir; 1000 kJ kertenkeleye değil tırtıla geçen enerjidir.

**43. (5 Puan)**

Bir orman ekosisteminde güneşlenme süresi, sıcaklık ve yağış değerleri uzun yıllar ortalamasında seyretmektedir. Ancak ekosisteme dışarıdan giren ve sadece tek bir otçul böcek türünü (1. dereceden tüketici) enfekte eden spesifik bir virüs, bu böceklerin sayısında ani ve kütleli bir azalmaya neden olmuştur. Araştırmacılar takip eden 6 ay boyunca şu verileri kaydetmiştir: 1- Sadece bu böceklerle beslenen küçük kuş türlerinin sayısında belirli bir süre sonra belirgin bir azalma. 2- Tüketilen bitki türünün toplam biyokütlesinde belirgin bir artış. 3- Topraktaki ayrıştırıcı organizmaların sayısında ilk haftalarda ani bir artış, takip eden aylarda ise salgın öncesine kıyasla genel bir düşüş.

**Bir öğrencinin bu verilerle ilgili yaptığı aşağıdaki çıkarımlardan hangileri ekolojik kurallara uygun ve doğru bir değerlendirmedir? (I. Böcekçil kuşların popülasyonundaki yavaşlamanın nedeni, virüsün besin zinciri boyunca aktarılarak üst basamaklarda biyolojik birikime uğraması ve zehir etkisinin artmasıdır. II. Üretici biyokütlesindeki artış, bitkiler üzerindeki tüketici baskısının kalkmasıyla ilgilidir; ancak ayrıştırıcıların sonradan genel bir düşüşe geçmesi, uzun vadede bitkilerin ihtiyaç duyduğu inorganik maddelerin topraktaki döngüsünü yavaşlatabilir. III. Ayrıştırıcıların salgın başlangıcında gösterdiği ani popülasyon sıçraması, kütleli ölümler sonucu oluşan yoğun organik atıkların ayrıştırıcılara bir anda yüksek miktarda besin sağlamasıyla açıklanır.)**

A) I, II ve III

B) I ve II

**C) II ve III**

D) Yalnız II

**Açıklama:** Soruda verilen gürültü (iklim verilerinin normal olması), değişimin yalnızca biyolojik olduğunu gösterir. I. öncül hatalı bir çıkarımdır; böcekçil kuşların azalması zehirli maddelerde görülen biyolojik birikim ile değil, besin zincirinde alt basamağın çökmesi sonucu yaşanan enerji kıtlığı (açlık) ile ilgilidir. II. öncül doğrudur; otçulların azalması üreticileri artırır, fakat uzun vadede genel yaşam miktarının (özellikle hayvan kütlelerinin) azalması ayrıştırıcıları azaltır, bu da topraktaki inorganik madde döngüsünü kısıtlar. III. öncül doğrudur; ayrıştırıcıların ilk evredeki ani artışı, ölen otçulların sağladığı anlık devasa organik besin kaynağı sayesinde.

44. (5 Puan)

Bir biyoloji araştırmacısı, dışarıdan tamamen izole edilmiş şeffaf bir fanus içinde yalnızca fasulye bitkileri (üreticiler) ve bu bitkilerle beslenen yaprak bitlerinden (birincil tüketiciler) oluşan kapalı bir ekosistem tasarlamıştır. Sistem dışarıdan sadece güneş enerjisi almaktadır ve içerideki su miktarı ile 25 derece sıcaklık sabit tutulmuştur. İlk üç ay boyunca popülasyonlar dengeli görünse de dördüncü aydan itibaren zemin üzerinde dökülen kuru yaprakların ve böcek dışkılarının aşırı miktarda biriktiği, bitkilerin ise ortamda yeterli ışık ve su olmasına rağmen büyümeyi durdurarak sararmaya başladığı gözlemlenmiştir.

**Araştırmacı, bitkilerin büyümesini tekrar hızlandırmak için ekosisteme böceklerle beslenen avcı türler (ikincil tüketiciler) eklemeye karar vermiştir. Araştırmacının bu çözüm önerisi ve sistemdeki temel ekolojik sorun ile ilgili aşağıdaki değerlendirmelerden hangisi bilimsel olarak doğrudur?**

A) Bu çözüm hatalıdır; avcı türlerin eklenmesi ekosistemdeki enerji akışını tersine çevireceği için besin zincirinin en altındaki üreticiler tamamen yok olacaktır.

**B) Bu çözüm hatalıdır; sistemde organik atıklar inorganik maddelere çevirecek ayrıştırıcıların eksikliği toprağın mineral bakımından fakirleşmesine neden olmuştur.**

C) Bu çözüm doğrudur; besin piramidine yeni bir basamak eklenmesi, biriken kuru yaprak ve atıkların daha hızlı çürütmesini sağlayarak madde döngüsünü başlatır.

D) Bu çözüm doğrudur; sisteme eklenen ikincil tüketiciler böcek sayısını azaltacak ve böylece üreticilerin fotosentez için ihtiyaç duyduğu su miktarı artacaktır.

**Açıklama:** Kapalı bir ekosistemde sürdürülebilirlik hem kesintisiz bir enerji akışına hem de kapalı bir madde döngüsüne bağlıdır. Verilen senaryoda sistemde üreticiler ve tüketiciler bulunurken ayrıştırıcı (çürükçül) canlılar eksiktir. Kuru yaprakların ve dışkıların birikmesi, organik atıkların parçalanıp bitkilerin ihtiyaç duyduğu inorganik mineraller halinde toprağa geri dönemediğini gösterir. Bu durum besin zincirindeki madde döngüsünün kırıldığını kanıtlar. Avcı böceklerin (ikincil tüketicilerin) sisteme eklenmesi organik atıkları parçalayamayacağı için mineral eksikliği sorununu çözmez.

45. (5 Puan)

Bir ekolog, yapay bir kapalı ekosistem (biyosfer) tasarlarlarken bir enerji piramidi kuruyor. İlk tasarımında şu türleri kullanıyor: Üretici olarak A bitkisi, birincil tüketici olarak B böceği, ikincil tüketici olarak C kuşu ve tüm basamaklardaki organik atıkları inorganik maddelere çeviren D bakteri türü. Ekolog, sisteme günlük 10.000 Joule ışık enerjisi veriyor ve A bitkisinin bu enerjinin %100'ünü kimyasal enerjiye çevirdiğini (fotosentez veriminin %100 olduğunu) varsayarak, C kuşunun bu sistemden günlük 100 Joule enerji alacağını hesaplıyor. Ayrıca, B böceğinin ortamdaki zehirli bir maddeyi hızla vücudunda biriktirdiğini ve C kuşunda zehir birikiminin B böceğinden daha az olacağını öngörüyor. Son olarak, ortama D türünden bir virüsün girip D bakterilerini tamamen yok etmesinin sadece atık miktarını artıracaklarını, A bitkisinin gelişimini etkilemeyeceğini düşünüyor.

Buna göre ekoloğun tasarımı ve varsayımlarındaki hatalarla ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

**A) Ekolog, enerji aktarım hesaplamasında yanlışmıştır; %10 kuralına göre 10.000 Joule alan sistemde C kuşuna 100 Joule ulaşır.**

B) Ekolog, ayrıştırıcıların (D bakterisi) yok olmasının etkisini eksik değerlendirmiştir; inorganik madde döngüsü duracağı için A bitkisi besin üretemez hale gelir.

C) Ekolog, A bitkisinin ışık enerjisini kimyasal enerjiye çevirme verimini hatalı varsaymıştır; üreticiler ışık enerjisinin sadece küçük bir kısmını bağlayabilir.

D) Ekolog, biyolojik birikim (zehir birikimi) kuralını ters yorumlamıştır; piramitte yukarı çıkıldıkça dokularda biriken zehir miktarı artar.

**Açıklama:** Ekoloğun enerji aktarımı hesabı, bitkinin ışık enerjisini %100 verimle dönüştürdüğü gibi hatalı bir varsayıma dayanmasına rağmen matematiksel olarak da yanlıştır. Gerçekte ışığın tamamı kimyasal enerjiye dönüştürülemez. Ancak eğer 10.000 Joule enerji tamamen A bitkisine bağlansaydı (veya sistemdeki A bitkisi 10.000 Joule enerji barındırsaydı), %10 kuralına göre B böceğine 1.000 J, C kuşuna 100 J geçerdi. Fakat soruda '10.000 Joule ışık enerjisi veriliyor ve bunun %100'ünü çevirdiği varsayılıyor' denilmiştir. Bu hatalı varsayımla bile 10.000 J -> 1.000 J -> 100 J hesabı %10 kuralına uygundur. Ancak asıl hata, ışık enerjisinin doğrudan ilk basamak enerjisi olarak %100 kabul edilmesidir. Seçeneklerde ekoloğun hatalı varsayımları değerlendirilmiştir. A seçeneğinde hesaplamada yanılmadığı söyleniyor, evet %10 kuralı hesabı doğrudur, A seçeneğindeki ifade yanlıştır çünkü soruda ekoloğun varsayımlarındaki hatalar üzerinden hangisinin yanlış olduğu sorulmuştur. Aslında 10.000 J ışık alan bir ekosistemde bitki bunun çok azını bağlar, dolayısıyla kuşlara 100 J ulaşamaz.

#### 46. (5 Puan)

Kapalı sistemlerde madde döngülerinin sürdürülebilirliği

Bir grup araştırmacı, dışarıdan sadece ışık alan kapalı bir cam fanus içinde yapay bir ekosistem kurmuştur. Fanusa nemli toprak, yeşil bitkiler, otçul böcekler ve su eklenmiştir. İlk birkaç hafta fanus yüzeyinde düzenli terleme ve yoğunlaşma gözlenmiş, böceklerin bitkilerle beslendiği görülmüştür. Ancak 3. ayın sonunda böcekler ölmüş ve bitkilerin gelişimi durarak yaprakları sararmıştır. Yapılan ölçümlerde şu veriler elde edilmiştir:

- Topraktaki çürümüş yaprak ve organik dışkı miktarı sürekli artmıştır.
- Topraktaki bitkilerin kullanabileceği azot tuzları tükenmiştir.
- Fanus içindeki havanın oksijen oranı başlangıça göre yüksek, karbondioksit oranı ise kritik seviyede düşüktür.

Araştırmacılardan biri bu durumu şu şekilde yorumlamıştır: 'Sistemin çökmesinin temel nedeni, böceklerin ölmesiyle havaya verilen karbondioksitin azalması ve bitkilerin fotosentez yapamamasıdır.'

Bu araştırmacının yorumu ve fanustaki veriler birlikte değerlendirildiğinde aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

A) Fanusta yalnızca azot bağlayan bakteriler eksiktir; karbondioksit miktarının düşmesi organik atıkların aşırı artmasından kaynaklandığı için araştırmacı karbon döngüsünü yanlış analiz etmiştir.

B) Su döngüsü çok hızlı gerçekleşip terleme-yoğunlaşma dengesi bitkileri strese soktuğu için ekosistem çökmüştür; dolayısıyla karbon veya azot eksikliği temel sebep değildir.

C) Araştırmacının yorumu tamamen doğrudur; böcekler karbon döngüsünün tek üreticisi olduğu için yokluklarında bitkilerin azotu kullanması imkânsız hâle gelmiştir.

**D) Araştırmacının yorumu eksiktir; asıl sorun topraktaki ayrıştırıcı organizmaların yetersizliği nedeniyle organik atıkların parçalanamaması, bu sebeple de karbon ve azot döngülerinin aynı anda kilitlenmesidir.**

**Açıklama:** Sistemde organik atık miktarının artıp kullanılabilir azotun tükenmesi ve karbondioksitin düşmesi, ayrıştırıcı canlıların görevini yapmadığını gösterir. Ayrıştırıcılar çalışsaydı, organik atıkları parçalayarak toprağa azot tuzları, havaya ise karbondioksit (solunum ile) verirlerdi. Araştırmacının karbondioksit azalmasını sadece böceklerin ölümüne bağlaması kusurlu bir yaklaşımdır çünkü böceklerden kalan organik atıklardaki karbon da toprağa hapsolmuştur. Ayrıştırıcıların eksikliği hem azot hem karbon döngüsünü durdurmuş ve sistemin çökmesine neden olmuştur. Sadece su döngüsüne veya sadece azot bağlayıcı bakterilere odaklanan çıkarımlar verilerdeki tabloyu tam olarak açıklamaz.

#### 47. (5 Puan)

Bir araştırmacı, endüstriyel atıklarla kirlenmiş kapalı bir tatlı su ekosisteminde yaşayan ve aralarında tek yönlü bir besin zinciri bulunan K, L, M ve N canlı türlerinden örnekler almıştır. Analizlerde dokulardaki ortalama ağır metal birikimi oranları K için 10 ppm, L için 0.2 ppm, M için 140 ppm ve N için 2 ppm ölçülmüştür. Suyun ortalama pH değeri 6.5 olup sıcaklık yıl boyu 15 santigrat derecedir. Bir öğrenci olan Mert, bu verileri inceleyerek besin zincirini 'M → K → N → L' şeklinde modellemiş ve 'Sistemdeki toplam biyokütlesi en fazla olan ve güneş enerjisini ilk kullanan canlı M türüdür' çıkarımını yapmıştır.

**Buna göre Mert'in ekoloji piramitleri ile ilgili kurduğu modellemedeki temel hata aşağıdakilerden hangisinde doğru açıklanmıştır?**

**A) Biyolojik birikimin besin piramidinde yukarıya doğru çıkıldıkça azaldığını düşünerek üretici ve son tüketici konumlarını tamamen ters yerleştirmesi.**

B) Canlıların vücut büyüklüğü ile dokularındaki zehir miktarının her zaman doğru orantılı olarak artacağını varsayması.

C) Gölün fiziksel şartlarının (pH ve sıcaklık) besin zincirindeki toplam enerji aktarım verimini değiştirebileceğini düşünmesi.

D) Aktarılan enerji miktarının en az olduğu canlı grubunun piramidin tabanında yer alması gerektiğini göz ardı etmesi.

**Açıklama:** Besin piramitlerinde tabandan tavana doğru gidildikçe (üreticiden son tüketiciye) dokularda biriken zehirli madde (biyolojik birikim) miktarı artarken toplam biyokütle ve aktarılan enerji azalır. Doğru sıralama zehir miktarına göre L (0.2) → N (2) → K (10) → M (140) olmalıdır. Mert'in en çok zehir içeren M'yi zincirin başına koyup ona 'biyokütlesi en fazladır' demesi, zehir miktarının üst basamaklara gidildikçe azaldığını zannederek besin piramidini ters yönlü kurduğunu gösterir. Sıcaklık ve pH ise analiz edilmesi gerekmeyen dikkat dağıtıcı verilerdir.

**48. (5 Puan)**

Ekosistemlerde enerji akisi, ureticilerin gunesten aldigi enerjiyi organik maddelere donusturmesiyle baslar. Besin zincirindeki her aktarimda enerjinin buyuk bir kismi metabolik faaliyetler ve isi kaybi nedeniyle sistemden ayrilir. Bu durum, piramidin en ustundeki canliya ulasan enerjinin neden cok az oldugunu aciklar.

**Bir arastirmaci, izole bir ekosistemdeki K, L, M ve N canlilarinin ozelliklerini inceleyerek su notlari almistir: N canlisi hucresel solunum icin gerekli olan enerjiyi K, L ve M canlilarinin atiklarini parcalayarak saglar. K canlisi cevresindeki inorganik maddeleri kullanarak organik madde sentezlerken ortamdaki karbondioksit miktarini azaltir. L canlisi sadece K ile, M canlisi ise sadece L ile beslenir. Arastirmaci canlilarin ortalama yasam surelerini de K: 3 ay, L: 1 yil, M: 5 yil, N: 15 gun olarak kaydetmistir. Bir ogrenci bu ekosistemdeki enerji akisini modelleyerek su hipotezi kurmustur: 'M canlisinin dokularinda 10 Joule degerinde enerji depolayabilmesi icin K canlisinin 1000 Joule gucunde enerjiyi kimyasal bag enerjisine cevirmesi zorunludur. Ayrica, besin piramidinde asagidan yukariya dogru cikildikca enerji depolanarak biriktiginden, N canlisi en cok enerjiyi en ust basamaktaki M canlisinin kalintilarini parcaladiginda elde edecektir.' Bu ogrencinin kurdugu hipotezdeki hatalarin tespit edildiği en dogru aciklama asagidakilerden hangisidir?**

- A) Ekosistemdeki canlilarin yasam sureleri yukari cikildikca arttigi icin piramidin yonu ters doner, bu yuzden sistemdeki asil enerji kaybi N canlisinin parcalama islemini cok kısa surede yapmasidir.
- B) Enerjinin piramitte yukari cikildikca azalmasi ve biyokutlenin kuculmesi dogrudur, fakat M canlisi enerjiyi N canlisina sadece isisal formda aktarabildigi icin dogrudan bir enerji birikiminden soz edilemez.
- C) Besin piramidinde yukari cikildikca enerji birikmez, her basamakta isi ve metabolik faaliyetler nedeniyle azalarak aktarilir; bu nedenle N canlisina en fazla enerjiyi ureten basamak K canlisinin kalintilaridir.**
- D) N canlisinin sistemdeki tum basamaklarin kalintilarini parcaladigi cikarimi hatalidir; ayrica K canlisinin 1000 Joule degil, 100 Joule enerji uretmesi M canlisi icin yeterli olacaktir.

**Açıklama:** Ogrenci %10 kuralini dogru hesaplamistir (K:1000 J -> L:100 J -> M:10 J), ancak piramitte yukariya dogru cikildikca enerjinin 'biriktigi' gibi cok yaygin ve tehlikeli bir kavram yanilgisina dusmustur. Enerji birikmez, aksine her basamakta kullanilarak ve isi olarak cevreye yayilarak azalir. Ayrica ayrıştırıcılar (N canlisi) her basamaktaki atiklari degerlendirir, fakat uretici basamagi (K) toplam enerjinin en yogun oldugu basamak oldugundan ayrıştırıcılara en yuksek enerji potansiyelini sunan seviyedir. Metindeki yasam suresi verileri sadece kafa karistirmek amaciyla eklenmis, enerji akisini dogrudan etkilemeyen celdirici bir detaydir.

49. (5 Puan)

Bilim insanları, kirlenmiş ekosistemlerde canlı türlerinin enerji ve madde aktarımlarını analiz ederken, çevresel toksinlerin besin zincirindeki ilerleyişini incelemektedir. Bu analizler, hangi türün ekolojik piramidin hangi basamağında yer aldığını saptamak için önemlidir.

Bir ekoloji araştırmacısı, endüstriyel atıklarla kirlenmiş kapalı bir göl ekosisteminde yaşayan K, L, M ve N türlerinin popülasyonlarını incelemiştir. Yapılan ölçümlerde bu türlerin toplam biyokütleleri, dokularındaki ağır metal (zehir) birikim oranları ve ortalama yaşam süreleri tabloya kaydedilmiştir:

| Tür | Toplam Biyokütle (kg) | Biyolojik Birikim (ppm) | Ortalama Yaşam Süresi (Ay) |
|-----|-----------------------|-------------------------|----------------------------|
| K   | 15                    | 180,0                   | 48                         |
| L   | 15.000                | 0,05                    | 6                          |
| M   | 1.500                 | 0,8                     | 12                         |
| N   | 150                   | 14,0                    | 24                         |

Bir öğrenci, tablodaki verilere dayanarak şu çıkarımı yapmıştır: 'Ağır metaller suya doğrudan karıştığı için zehiri ilk ve en yoğun şekilde alan canlılar üreticilerdir. Buna göre ekosistemdeki enerji akış yönü  $K \rightarrow N \rightarrow M \rightarrow L$  şeklinde olmalıdır.'

Bu öğrencinin oluşturduğu besin zinciri modeli ve gerekçesi ile ilgili aşağıdaki değerlendirmelerden hangisi bilimsel olarak kesinlikle doğrudur?

A) Öğrencinin oluşturduğu zincir doğrudur; ekosistemlerde enerjinin ilk girdiği üretici basamağı, zehirli maddelere doğrudan maruz kaldığından biyolojik birikimi en yüksek olan gruptur.

B) Öğrenci modeli yanlış kursa da biyokütle kuralını doğru kullanmıştır; çünkü enerji akışı her zaman biyokütlesi en az olandan en fazla olana doğru aktarılır.

**C) Öğrenci biyolojik birikim mekanizmasını ters yorumlamıştır; zehirli madde miktarı üst basamaklara doğru arttığı ve enerjinin çoğu ısı olarak kaybedildiği için zincir  $L \rightarrow M \rightarrow N \rightarrow K$  olmalıdır.**

D) Öğrencinin enerji akış yönü varsayımı hatalıdır; ortalama yaşam süresi en kısa olan canlı (L) enerji piramidinin en üstünde yer almalıdır.

**Açıklama:** Besin zincirinde üreticilerden tüketicilere doğru gidildikçe her basamakta enerjinin büyük bir kısmı harcanır ve toplam biyokütle genellikle %10 kuralına uygun olarak azalır. Aynı zamanda, vücuttan atılamayan zehirli maddelerin (biyolojik birikim) oranı üst trofik düzeylerdeki canlıların dokularında katlanarak artar. Tabloda en yüksek biyokütle ve en düşük birikime sahip L türü üreticidir; en düşük biyokütle ve en yüksek birikime sahip K türü ise son tüketicidir ( $L \rightarrow M \rightarrow N \rightarrow K$ ). Öğrencinin 'zehiri ilk alanın birikimi en yüksektir' şeklindeki mantığı biyolojik birikim kurallarına terstir. Ortalama yaşam süresi ise trofik düzeyi belirlemek için doğrudan kullanılabilecek geçerli bir kural değildir, bu bir çeldirici veridir.

50. (5 Puan)

Bilim insanları, tarımsal ilaçların karıştığı bir göl ekosisteminde kirliliğin canlılar üzerindeki etkisini modellemek için çeşitli türlerden örnekler toplamıştır. Enerji akışı ve biyolojik birikim prensipleri, ekosistemin hangi basamaklarının risk altında olduğunu saptamada temel alınır.

**Bir göl ekosistemindeki P, R, S ve T türlerinin besin zincirindeki yerlerini belirlemek için aşağıdaki tablo oluşturulmuştur:**

| Canlı Türü | Bir Üst Basamağa Aktarılan Enerji (J) | Dokularda Biriken Toksik Madde (ppm) | Ortalama Vücut Ağırlığı (kg) |
|------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| P          | Bilinmiyor                            | 45.00                                | 5.2                          |
| R          | 10.000                                | Bilinmiyor                           | 0.8                          |
| S          | 100.000                               | 0.02                                 | 0.1                          |
| T          | Bilinmiyor                            | 4.50                                 | 1.5                          |

Bir araştırmacı, bu verileri inceleyerek şu yorumu yapmıştır: *'P canlısının dokularındaki zehir miktarı en yüksek olduğu için besin piramidinin en üstündedir. Aynı zamanda P'nin ortalama vücut ağırlığı S'den fazladır; bu da P türünün toplam biyokütlesinin S türünün toplam biyokütlesinden kesinlikle daha büyük olduğunu kanıtlar.'*

**Araştırmacının bu çıkarımı ve tablodaki veriler dikkate alındığında aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?**

- A) Çıkarım bütünüyle doğrudur; vücut ağırlığı ve toksik birikimi en fazla olan canlı grubunun ekosistemdeki toplam biyokütlesi de her zaman en üst seviyededir.
- B) Çıkarım yanlıştır; S canlısı en fazla enerjiyi aktardığı için besin zincirinin son tüketicisidir ve vücut ağırlığına bakılmaksızın biyokütlesi en azdır.
- C) P'nin piramidin en üstünde yer aldığı tespiti doğru, ancak bu canlının toplam biyokütlesinin S'den fazla olduğu iddiası enerji akışı kurallarına aykırıdır.**
- D) T canlısı R'den değil S'den doğrudan beslendiği için araştırmacı besin zinciri sıralamasını yanlış kurmuş, dolayısıyla biyokütle tahmininde yanılmıştır.

**Açıklama:** Tablodaki veriler incelendiğinde S canlısından aktarılan enerji (100.000 J) ve toksik madde birikimi (0.02 ppm) dikkate alındığında, S'nin üretici olduğu anlaşılır. Besin zinciri  $S \rightarrow R \rightarrow T \rightarrow P$  şeklinde ilerler (%10 kuralı ve artan toksik birikim). P canlısı 45.00 ppm ile zincirin en üst (son tüketici) basamağındadır. Ancak ekolojik piramit kurallarına göre bir üst basamağa geçildikçe aktarılan enerji azalırken toplam biyokütle de azalır. Üretici olan S türünün bireylerinin vücut ağırlığı küçük (0.1 kg) olsa da, toplam biyokütlesi piramitteki diğer tüm canlı gruplarından (dolayısıyla P'den) çok daha fazladır. Araştırmacı ortalama vücut ağırlığı (çeldirici/gürültü veri) ile toplam biyokütleyi birbirine karıştırarak hatalı bir değerlendirme yapmıştır.