

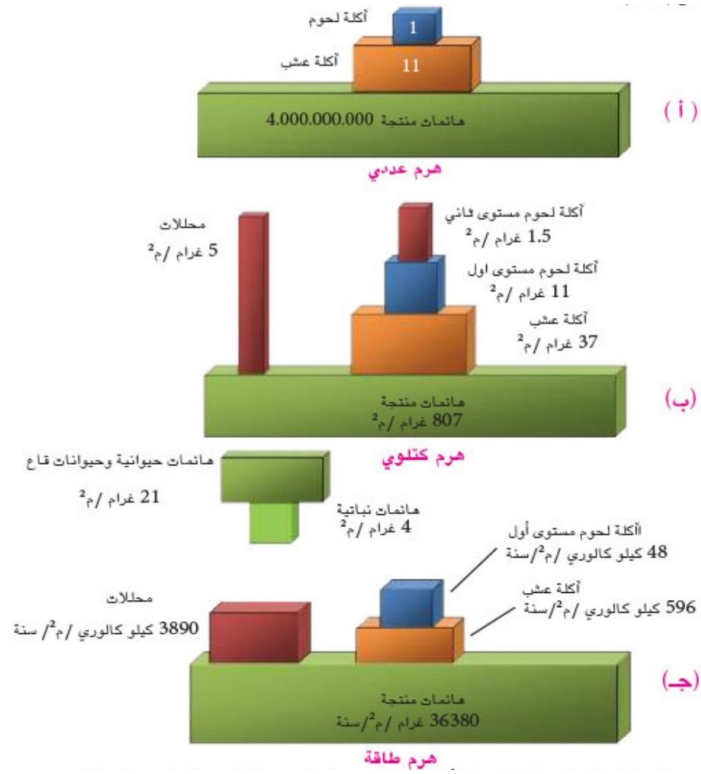
## المحاضرة الخامسة: الأهرامات البيئية والسلاسل الغذائية

### 1- الأهرامات البيئية (Ecological Pyramids):

#### - مفهوم الأهرامات البيئية:

هي عبارة عن تدرج للمستويات الغذائية للكائنات الحية بحيث يتوزع كل حسب دوره الغذائي الوظيفي على شكل هرم، تكون قاعدته المنتجات ويتبعها آكلات الأعشاب ثم مستويات مختلفة من آكلات اللحوم إلى أن تصل إلى أقوى المستهلكات في قمة الهرم. ولا يمكن أن نهمّل الطفيليات والمحللات في المستويات الغذائية، فيمكن اعتبارها آكلات أعشاب أو لحوم حسب دورها الغذائي، فمثلا المحللات التي تتغذى على بقايا النباتات الميتة والبكتيريا التي تعيش في معدة المجترات يمكن اعتبارها من ناحية وظيفية آكلات لحوم، أما الطفيليات فتقسم حسب العائل الذي تتطفل عليه حيث يمكن اعتباره أيضا آكلات أعشاب أو لحوم. وبهذه الاعتبارات يمكن لأي كائن حي مهما كان نوعه أن يحتل مستوى غذائي معين في الهرم البيئي. وتتميز الأهرامات البيئية بمجموعة من الخصائص:

- الأهرامات البيئية وسيلة لتحديد العلاقات الكمية بين الأحياء، وهي بذلك تختلف عن السلاسل الغذائية والشبكات الغذائية بالتمثيل الكمي للعلاقات
- في الهرم تكون المنتجات عادة في قاعدة الهرم ثم المستهلك الأولي ثم المستهلك الثانوي، إلا أن المستهلك لا يعني نوع واحد من الأحياء.
- قد يكون لنفس الكائن الحي عدد من الأهرامات تختلف حسب الموسم أو العمر أو حسب المنطقة الجغرافية.
- في الأهرامات البيئية تنعكس تعقيدات الطبيعة وذلك لعدة أسباب منها:
  - وجود كائنات حية تتغذى بصورة مختلطة مثل الإنسان لذلك يتداخل موضوعه ضمن الهرم البيئي.
  - أحيانا يلاحظ اختلاف تغذية الكائن الحي باختلاف مراحل عمره، ففي المراحل البدائية من عمره مصادر طاقته تختلف عن مراحل عمره الأخرى. (محمد، 2017-2018، 1)



شكل رقم (14) يمثل الأهرامات البيئية

- أنواع الأهرامات البيئية:
- الأهرامات العددية (Pyramid Of Number): الهرم البيئي العددي طريقة لتمثيل العلاقات الغذائية بعدد الأحياء المنتجة للطاقة أو المستهلكة لها، وغالبا ما تعتمد في الطبيعة على وفرة النوع الواحد. ويتميز الهرم العددي بما يلي:
- في الأهرام العددية تكون المنتجات دائما في قاعدة الهرم، ومن ثم يأتي المستهلك الأول ثم المستهلك الثاني ولا تدخل الكتلة في الحساب مطلقا (العدد فقط) أي النبتة الصغيرة تتساوى مع النبتة الكبيرة.
- في الأهرامات العددية يمكن أن تكون المنتجات الأولية أنواع كثيرة من النباتات الصغيرة تكون قاعدة الهرم، وكلما تقدمنا نحو القمة تختزل الأعداد وتكبر الأحجام وتقل الأنواع، ولكن أحيانا لا تكون النباتات الصغيرة والكثيرة العدد هي المستوى الأول بل قد تكون النباتات قليلة ولكن بأحجام كبيرة فيكون الهرم بالمقلوب.
- أن شكل هرم الأعداد يختلف باختلاف المناطق والمجتمعات والفصول، فضلا عن نوعية الكائنات الحية الموجودة في النظام البيئي، فمثلا الأفراد المنتجة قد تكون صغيرة مثل العوالق والهائمات النباتية في المسطحات المائية في البرك والبحيرات، أو قد تكون من أشجار الحمضيات والبلوط في الغابات. فضلا

عن ذلك فإن الأعداد تختلف كليا ويصعب حصرها كما أن احتمالات الخطأ في تقدير الأعداد الشائعة مثل استخدام طريقة المربع على أرض جرداء.

- في الأهرامات العددية تتساوى النبتة الكبيرة مع الصغيرة وتحسب كل منها كوحدة واحدة، في حين أن كمية الطاقة والكتلة الحية مختلفة.
- الأهرامات العددية تقود إلى تحقيق العدالة العددية بين المنتج والمستهلك في نظام بيئي محدد، وليس لها قيمة عند مقارنة النظم البيئية المختلفة. (الأهرامات البيئية، 1-2)



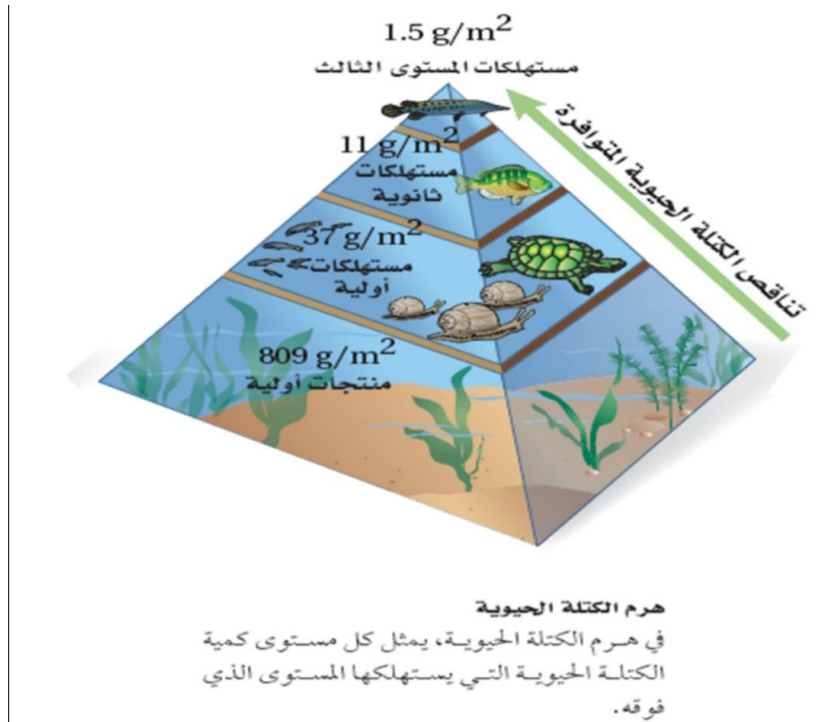
هرم الأعداد  
في هرم الأعداد، يمثل كل مستوى أعداد  
المخلوقات الحية التي يستهلكها المستوى الذي  
فوقه.

الفضي

### شكل رقم (15) يمثل هرم الأعداد

- **أهرام الكتلة الحية (Pyramid Of Biomass):** عبارة عن نموذج هندسي لما يجري من تفاعلات وعلاقات بين المستويات الاغذائية على أساس أوزانها (الوزن الجاف أو الطري)، وهو تعبير أكثر دقة لما يجري في النظام البيئي فيما يتعلق بسريان الطاقة وتخزينها بشكل كتلة حية وغالبا ما يكون الناتج قريب من الهرم ويساعد على ذلك إذا كان حجم الأفراد متجانسا والعامل الرئيس المسبب للاختلافات هو وزن الماء في الكائنات الحية لذلك يجب تحديد فيما إذا كان الوزن رطب أم جاف ويكون الحساب بأحدهما لجميع المستويات. وتتميز أهرام الكتلة بما يلي:

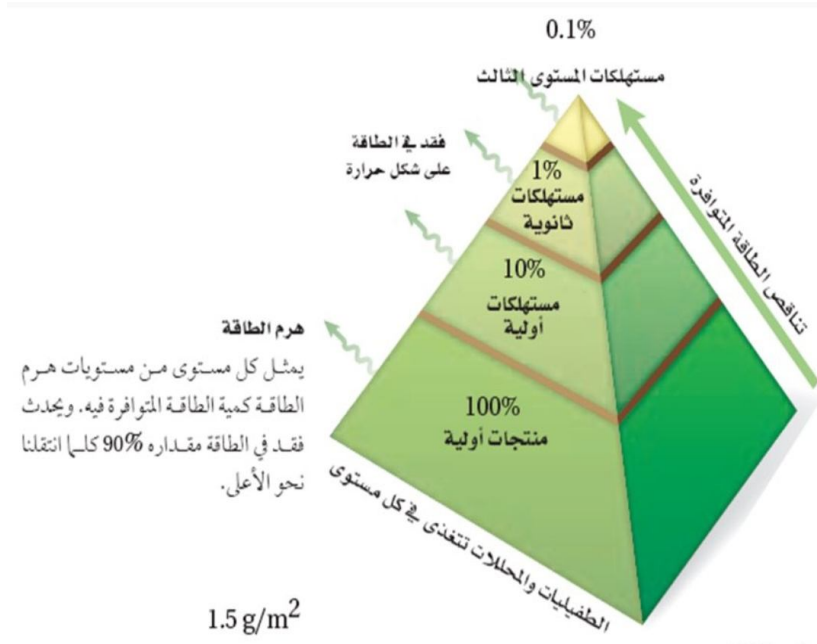
- تعد من الأهرامات التي يكون شكلها قائم بشكل صحيح، ومن الممكن أن يكون بالمقلوب لاسيما في حالة الكائنات الصغيرة التي تنمو موسميا مثل الأشنات والدايتومات وغيرها.
- تمتاز هذه الأهرام بخواص موسمية تختلف باختلاف الفصول، فتكون في فترة الازدهار ذات كتلة أكبر وتقل في فترات الجفاف أو البرد.
- تمتاز باختلافها من مكان لآخر لنفس النوع من الكائنات وكذلك من نظام بيئي لآخر فيما إذا كان حديث النمو أم أنه مستقر ومتوازن.
- وحدات هرم الكتلة كغم/ م<sup>2</sup> سنة أو غرام/ م<sup>2</sup> يوم. (الأهرامات البيئية، 2)



شكل رقم (16) يمثل هرم الكتلة الحيوي

- **أهرام الطاقة (Pyramid Of Energy):** وتعتبر هذه الأهرامات عن انسياب الطاقة في الشبكة الغذائية، حيث تتناقص الطاقة تصاعديا نحو قمة الهرم (أقوى المستهلكات). وهذا النموذج لا يمكن قلبه وهو مثاليا لتمثيل الأهرامات البيئية ويمكن أن يطبق في جميع البيئات المائية والبرية. ويعود سبب نجاح هذا النموذج في كونه يسير على مبدأ الطاقة الحرارية الثاني، والذي ينص على أن جزء من الطاقة يتعثر أو يضيع كلما تحولت من شكل لآخر. ويختلف هرم الطاقة عن الهرم العددي أو الهرم الكتلي حيث انه لا يعبر عن حجم أو وزن أو عدد الكائنات في النظام البيئي، بينما يعبر عن مخزون الطاقة أو معدلات مرور الطاقة بالسلسلة الغذائية، وحين تأخذ جميع مصادر الطاقة ومساراتها ضمن السلسلة الغذائية يكون الهرم دائما بوضع صحيح. ويتميز هرم الطاقة بما يلي:

- يتميز الهرم بقاعدة عريضة تعقبها مستويات ذات قيم أوطأ بقليل مما يعطي الهرم تدرج صحيح أو طبيعي.
- الطاقة المصروفة لأغراض التنفس تكون غير محسوبة في هذه الأهرامات.
- أحيانا تضاف للهرم قاعدة هي الطاقة الشمسية التي تستهلكها النباتات.
- وحدات هرم الطاقة هي: سعره/ م<sup>2</sup> / سنة أو كيلو سعره/ م<sup>2</sup> / سنة أو كيلو جول/ م<sup>2</sup> / سنة.
- هرم الطاقة يعبر عن: ما تحويه المستويات الغذائية من طاقة. كفاءة النظام البيئي والكائنات الحية في استهلاك تلك الطاقة واستغلالها. (محمد، 2017-2018، 3-4)



شكل رقم (17) يمثل هرم الطاقة

## 2- السلاسل الغذائية (Food Chain):

- مفهوم السلسلة الغذائية (Food Chain): تعرف السلاسل الغذائية على أنها انتقال الطاقة على شكل طعام من كائن حي إلى آخر باختلاف أنواع وأحجام هذه الكائنات، بما يضمن استمرارية بقائها على قيد الحياة، والمحافظة على التوازن البيئي، وتبدأ السلسلة الغذائية للحيوانات بالكائنات الحية كالطحالب، ووصولاً إلى الكائنات العملاقة كالحياتان. (مساعد، 2020)
- وتمثل السلسلة الغذائية مساراً خطياً بسيطاً يتم من خلاله نقل الطاقة والموارد من نوع إلى آخر في النظام البيئي. بشكل عام تظهر سلاسل الغذاء كيف تتدفق الطاقة والموارد من المنتجين إلى المستهلكين، وتتدفق الطاقة والمواد أيضاً من المنتجين والمستهلكين إلى المحللات، ولكن هذه الخطوة عادة لا يتم تضمينها في سلاسل الغذاء.

- الشبكة الغذائية (Food web): يوجد في أي نظام بيئي العديد من سلاسل الغذاء، وبصفة عامة فإن معظم النباتات والحيوانات جزء من عدة سلاسل معا، ينتهي بك الأمر بشبكة طعام، وتميل سلاسل الغذاء إلى أن تكون تمثيلات مفرطة في التبسيط لما يحدث بالفعل في الطبيعة، تستهلك معظم الكائنات الحية أنواعا متعددة وتستهلكها أيضا أنواع أخرى متعددة، تمثل شبكة الغذاء في هذه التفاعلات الأكثر تعقيدا، وشبكة الغذاء عبارة عن رسم تخطيطي لعلاقات التغذية التي تتضمن سلاسل غذائية متعددة متقاطعة. (أبو القاسم، 2020)

- مستويات السلسلة الغذائية: تقسم السلسلة الغذائية لعدة مستويات مختلفة وهي كما يأتي:

**المنتجات:** تعرف المنتجات على أنها كائنات ذاتية التغذية (Autotrophic)، أي تصنع غذائها بنفسها، فهي بذلك جزءا مهما بالسلسلة الغذائية والنظام البيئي على حد سواء، فتعتبر النباتات الخضراء المنتجات الرئيسية على البر، بينما الطحالب المنتجات الرئيسية في الأنظمة المائية كالبحار والمياه العذبة، ويتم ذلك عن طريق:

● **البناء الضوئي:** ويقصد بعملية البناء الضوئي استخدام بعض الكائنات الحية مثل النباتات والطحالب، والعوالق النباتية أشعة الشمس لتحويل ثاني أكسيد الكربون، والماء إلى جلوكوز، إذ تستهلك أغلب الطاقة التي تنتجها المنتجات في عملية البناء الضوئي لنمو المنتجات وإعالتها، وجزء قليل من هذه الطاقة تنتقل للمستهلكات عند تناولها.

● **البناء الكيميائي:** يقصد بعملية البناء الكيميائي تحويل مركبات الكربون إلى غذاء، ومن الكائنات الحية التي تنتج غذائها بهذه الطريقة نوع من البكتيريا التي تعيش في البراكين.

**المستهلكات:** تعرف المستهلكات على أنها كائنات حية تستمد الطاقة والاحتياجات الغذائية على غيرها من الكائنات الحية، تمثل المستوى الغذائي الثاني وتضم الحيوانات العاشبة (Herbivores)، وآكلات اللحوم (Carnivores) زمن الأمثلة عليها الأسود، والعناكب، والحيوانات القارئة أي آكلات اللحوم والنباتات معا (Omnivores) ومن الأمثلة عليها الدببة ومعظم أنواع الطيور والبشر، وتقسم المستهلكات:

● **المستهلكات الأولية:** تتغذى المستهلكات الأساسية (Primary Consumers) على المنتجات، إذ تشمل على الحيوانات العاشبة التي تأكل النباتات والأعشاب، وقد تكون المستهلكات الأساسية من الطحالب وآكلات البكتيريا (Bacteria Eaters)، ومن الأمثلة عليها الطيور والغزلان والسلاحف وغيرها.

- **المستهلكات الثانوية:** تتغذى المستهلكات الثانوية (Secondary Consumers) على المستهلكات الأساسية أو الأولية، وتشمل الكائنات التي تتناول اللحوم وتسمى بالحيوانات اللاحمة أو اللواحم (Carnivores).
- **المستهلكات الثلاثية:** تتغذى المستهلكات من الدرجة الثالثة (Tertiary Consumers) على المستهلكات الثانوية، وتشمل الكائنات التي تتناول الكائنات اللاحمة مثل النسور والأسماك الكبيرة.
- **المستهلكات العليا:** تحتل المستهلكات من الدرجة الرابعة أو العليا (Quaternary Consumers) قمة السلسلة الغذائية، وتسمى بالمفترس العلوي أو المفترسات العليا (Apex Consumers)، وهي أقوى المفترسات التي تتغذى على المستهلكات الأخرى، وعادة ما يقتصر غذائها على المستوى الغذائي الثالث.
- **المحللات:** تعرف بالكانسات أو المحللات (Detritivores & Decomposers) وهي الكائنات الحية التي تتغذى على النباتات والحيوانات الميتة، أو فضلات الحيوانات، ومن الأمثلة عليها النسور وخنخنافس الروث، أما المحللات مثل البكتيريا والفطريات فهي التي تعمل على تحليل بقايا الكائنات الحية بعد موتها، فتحول بذلك المواد العضوية إلى مواد غير عضوية، وتعيدها إلى التربة لاستفيد منها المنتجات مرة أخرى وبذلك تنتهي السلسلة الغذائية وتكتمل دورة الحياة. (خضر، 2020)

جدول رقم (03) يوضح السلاسل الغذائية باختلاف البيئات

المستوى الغذائي	بيئة الصحراء	بيئة العشبية	الأرض بيئة البرك	المستنقعات	بيئة المحيطات
المنتجات (نبات)	الصبار	العشب	الطحالب	العوالق النباتية	
المستهلكات الأولية (الحيوانات العاشبة)	الفراشة	الجنذب	يرقات الحشرات	العوالق الحيوانية	
المستهلكات الثانوية (الحيوانات اللاحمة الأولية)	السحلية	الفأر	سمك المنوه	الأسماك الكبيرة	
المستهلكات من الدرجة الثالثة (الحيوانات اللاحمة)	الثعبان	الثعبان	الضفدع	الفقمة	

سمك القرش	حيوان الراكون	الصقر	طائر الجواب	من	المستهلكات	النانوية
				الرابعة	الدرجة	
				اللاحمة	(الحيوانات	
					الثالثية)	

### - أنواع السلسلة الغذائية:

تختلف السلاسل الغذائية في النظام البيئي حسب نوع الغذاء الذي ينتقل في مستويات السلسلة الغذائية، وحسب علاقة الأحياء التي تشترك في نقل الطاقة مع بعضها لبعض، وتنقسم السلاسل الغذائية إلى:

#### السلسلة الغذائية الافتراضية:

وهي أكثر أنواع السلاسل حدوثا في النظام البيئي، حيث تنتقل الطاقة من المنتجات "النباتات" إلى مفترس أول، ثم إلى مفترس ثاني حيث تعتمد كافة الكائنات الحية فيها على الافتراض في الحصول على الغذاء، وتنتشر هذه السلاسل الغذائية في الغابات، والمراعي الكبيرة ومن أشهر فصائلها القطط الكبيرة والتي تضم الأسود والنمور والضباع ولذئاب، وتتغذى بشكل رئيسي على الغزلان والأبقار والأفيال وغيرها من الحيوانات العشبية.

#### السلسلة الغذائية الطفيلية:

وهنا تنتقل الطاقة من كائن حي مفترس أو من المنتجات إلى الطفيليات، حيث تعتمد الكائنات هنا على التطفل على غذاء الكائنات الأخرى، فتحصل على حصتها دون الحاجة إلى الافتراض أو الهجوم على الكائنات الحية الأخرى ومن أشهر أنواع الطفيليات الذباب والحشرات الطائرة والتي تتغذى على بقايا الكائنات الحية الميتة والتي تعرضت للافتراض بسبب الأمراض.

#### السلسلة الغذائية الرمية:

وهنا تنتقل الطاقة من كائنات ميتة، سواء كانت مستهلك أو منتج، إلى المحللات. ولضمان وجود توازن في النظام البيئي، يجب أن لا يطغى أي من أطراف السلسلة على آخر، وان لا تزيد المستهلكات في النظام البيئي أكثر من المنتجات، والجدير بالذكر أن الإنسان يساهم كثيرا في اختلال التوازن البيئي من خلال أنشطته الحياتية

الكثيرة. (الصميدي، 2017-2018، 1-2)

### - انتقال الطاقة في السلاسل الغذائية:

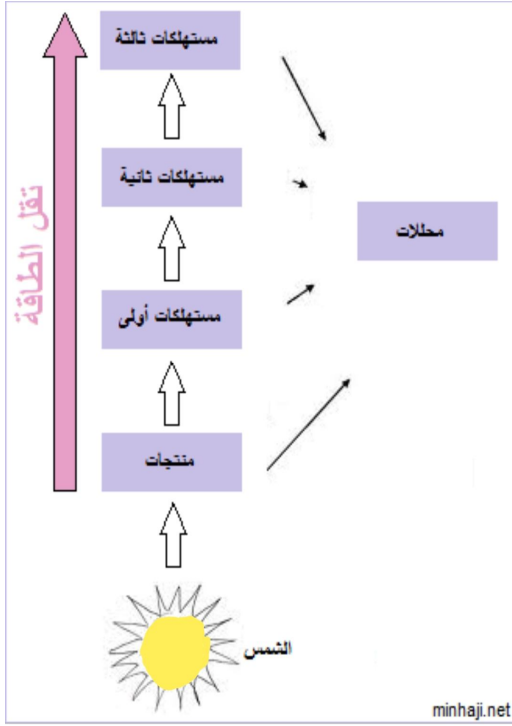


تعد الشمس المصدر للطاقة التي تحتاجها السلاسل الغذائية بمستوياتها المختلفة، إلا أن معظم هذه الطاقة وبنسبة 80-90% يتبدد ويتحول لحرارة، وبالتالي فإن جزءا بسيطا من الطاقة الشمسية يمكن للكائنات الاستفادة منه في عمليات الأيض كهضم الطعام وبنسبة 10-20%، إذ تصل هذه الطاقة للمنتجات الأولية ذاتية التغذية في السلسلة كالنباتات التي تستخدمها لنتج غذائها من خلال عملية البناء الضوئي، وتفقد جزءا من الطاقة على شكل حرارة، وهذا يعني انه في كل مستوى غذائي هناك حرارة مفقودة لا يمكن لمستويات السلاسل الغذائية الأعلى الاستفادة منها.

بمعنى آخر فإن كمية الطاقة الإجمالية المخزنة في جسم الكائن الحي تعتمد على مستواه الغذائي، فكلما ارتفع الحيوان في مستواه الغذائي انخفضت كمية الطاقة المتاحة له، فالنباتات هي الأعلى حصولا على الطاقة في السلسلة، تليها المستهلكات الأولية كالحيوانات آكلة الأعشاب، ثم المستهلكات الثانوية مثل آكلات اللحوم، ويقل مخزون الطاقة أكثر في كل مستوى وصولا لأعلى درجة في الهرم الغذائي التي يكون الحصول فيها على الطاقة بأقل نسبة. (مساعد، 2020)

تقدر الطاقة التي تنتقل من مستوى غذائي إلى المستوى الذي يليه ب 10% فقط، فعلى فرض أن مخزون الطاقة بوحدة كيلو كالوري لكل متر نربع في العام الواحد في المستوى الأول (المنتجات) يساوي 20000، فإن الطاقة التي تنتقل لمستوى المستهلكات الأولية تكون 2000، أما المستهلكات الثانوية فهي 200، والمستهلكات الثلاثية يصلها 20، أما مستوى المستهلكات العليا فيصلها 2 فقط، ويمكن تفسير تناقص مخزون الطاقة بين المستويات الغذائية المختلفة بما يلي:

- ضياع جزء من الطاقة على شكل حرارة عند قيام الكائن الحي بالعمليات الحيوية مثل التنفس.
- عدم قدرة جسم الكائن الحي على هضم جميع المواد العضوية التي يتناولها، فتخرج من الجسم على شكل براز أو روث.
- موت بعض أفراد المستوى الغذائي، دون أن تصبح فريسة للمستوى الذي يليه، بل تستهلكها المحلات التي تحول الطاقة المخزنة فيها على حرارة بواسطة عملية التنفس الخلوي. (حضر، 2020)



شكل (18) العلاقات الغذائية بين الكائنات الحية شكل (19) انتقال الطاقة في السلاسل الغذائية