

HIỆN THỰC HÓA NỀN KINH TẾ SINH HỌC TUẦN HOÀN

MỤC LỤC

Lời tựa	1
1. Giới thiệu	2
2. Vai trò của vật liệu thải trong nền kinh tế tuần hoàn	5
2.1. Công nghệ xử lý chất thải bằng phương pháp sinh học thế hệ thứ nhất so với thứ hai	6
2.2. Tiến thoái lưỡng nan trong quy trình xử lý chất thải	6
3. Xử lý rác thải bằng phương pháp sinh học	8
3.1. Chất thải lignocellulose	8
3.2. Chất thải rắn đô thị (MSW) và chất thải thực phẩm	9
3.3. Chất thải cá	10
3.4. Sản xuất nguyên liệu lên men từ khí công nghiệp	11
3.5. Chất thải nhựa là một vấn đề trong CBE	11
4. Một số sáng kiến xử lý chất thải sinh học được lựa chọn	12
4.1. Xử lý sinh học và ủ phân từ chất thải xenlulo	12
4.2. Chất thải thực phẩm và đồ uống	14
4.3. Lên men khí	16
4.4. Xử lý chất thải bằng phương pháp sinh học kỵ khí	17
4.5. Xử lý sinh nước thải bằng công nghệ sinh học	18
5. Hiệu suất tài nguyên trong CBE	19
5.1. Khái niệm hiệu suất tài nguyên	19
5.2. Hiệu suất tài nguyên trong công nghiệp	20
5.3. Hướng tới đánh giá hiệu suất tài nguyên trong CBE	21
5.4. Nền kinh tế sinh học hiệu suất tài nguyên: vai trò của việc sử dụng phân tầng sinh khối	26
6. Cân nhắc chính sách	29
6.1. Làm rõ các định nghĩa và thuật ngữ	30
6.2. Các công cụ quan trọng nhất trong xử lý sinh học chất thải	31
6.3. Điều chỉnh chính sách xử lý chất thải sinh học với mục tiêu bền vững	32
6.4. Tài trợ cho công nghệ xử lý sinh học chất thải	36
6.5. Trợ cấp R&D	37
6.6. Một sân chơi bình đẳng	39
6.7. Các quy định, tiêu chuẩn và nhãn cho các sản phẩm dựa trên sinh học liên quan đến hiệu quả tài nguyên	40
Kết luận	44

Lời nói đầu

Khái niệm nền kinh tế tuần hoàn đang được thực hiện ở nhiều nước OECD. Trong khái niệm này, các vật liệu được duy trì thời gian sử dụng càng lâu càng tốt, thông qua các hành động như tái chế và tái sản xuất. Sản xuất dựa trên cơ sở sinh học phù hợp với khái niệm này khi nói đến việc sử dụng dư lượng và chất thải làm nguyên liệu cho quá trình xử lý sinh học. Đặc biệt, hiệu suất tài nguyên trong sản xuất đã mang lại những lợi ích chắc chắn.

Nền kinh tế sinh học có trước cuộc cách mạng công nghiệp đầu tiên. Khi chưa có tài nguyên hóa thạch, con người sống nhờ vào tài nguyên đất. Tuy nhiên, vào thời điểm đó (giữa những năm 1700), dân số thế giới là khoảng 700 triệu người, và cuộc cách mạng công nghiệp đã khiến lực lượng lao động gia tăng nhanh chóng. Đến năm 1800, dân số đạt 1 tỷ người. Thời gian đầu của cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư, việc quay trở lại nền kinh tế sinh học trở nên cực kỳ phức tạp bởi dân số đã tăng gấp bảy lần so với năm 1800. Mặc dù tình trạng thiếu hụt dầu, khí không xảy ra, nhưng sự gia tăng dân số là nguyên nhân dẫn đến hình thành một vòng xoáy cạn kiệt tài nguyên cần được giải quyết. Nguồn thay thế khả thi duy nhất cho cacbon là năng lượng tái tạo. Đó là mục tiêu định hướng của nhiều chính sách kinh tế sinh học - chuyển đổi sang sản xuất và dịch vụ dựa trên nền tảng sinh khối.

Tương tự, những nỗ lực nhằm giảm thiểu và tái chế chất thải tuy đã được thực hiện trong nhiều thập kỷ, nhưng không tác động đến áp lực đối với tài nguyên thiên nhiên. Nền kinh tế tuần hoàn dự kiến sẽ chấm dứt việc “lấy, làm, bỏ” theo kiểu tuyến tính để giữ cho tài nguyên được tuần hoàn càng lâu càng tốt thông qua việc tái sử dụng, tái chế, tái sản xuất và giảm thiểu chất thải.

Sinh học không tạo chất thải và thường mang tính tuần hoàn - con đường trao đổi chất tuần hoàn, chu trình của nitơ, cacbon, phốt pho, thậm chí cả chu kỳ sự sống và cái chết là vĩnh viễn. Tuy nhiên, việc kết hợp kỹ thuật với công nghệ sinh học để tạo ra các vật liệu sinh học như nhiên liệu, hóa chất, nhựa và vải vóc có thể - nhưng không nhất thiết - mang tính tuần hoàn. Cục Thông tin khoa học và công nghệ quốc gia thực hiện tổng luận này cố gắng chỉ ra cách thức kết hợp giữa khái niệm kinh tế sinh học và kinh tế tuần hoàn được thực hiện để tạo ra tương lai bền vững hơn. Trên lộ trình này có nhiều vấn đề chính sách, các chính sách vừa thúc đẩy thay đổi cũng như loại bỏ các rào cản để thay đổi.

Xin trân trọng giới thiệu.

**CỤC THÔNG TIN KHOA HỌC VÀ
CÔNG NGHỆ QUỐC GIA**

1. Giới thiệu

Đầu tiên là nền kinh tế sinh học và sau đó là nền kinh tế tuần hoàn đã có được sức hút chính trị trong thập kỷ thứ hai của thế kỷ này. Mặc dù có những điểm tương đồng về khái niệm, nhưng xét về ý nghĩa xã hội sâu rộng và lâu dài của hai nền kinh tế, mâu thuẫn chính sách có khả năng xảy ra, gây lãng phí tiền bạc và thời gian để khắc phục.

OECD năm 2009 đã mô tả nền kinh tế sinh học là “tập hợp các hoạt động kinh tế, trong đó công nghệ sinh học đóng góp chủ yếu vào sản xuất sơ cấp và công nghiệp, đặc biệt là khoa học đời sống tiên tiến được ứng dụng trong chuyển đổi sinh khối thành vật liệu, hóa chất và nhiên liệu”. Khái niệm được mở rộng cũng đồng nghĩa với việc có nhiều cách giải thích, lý giải khác nhau.

Để kinh tế sinh học đạt hiệu quả, cần thiết phải huy động một lượng lớn sinh khối từ nhiều nguồn tài nguyên, bao gồm cả các loại vật liệu hiện được coi là chất thải (ví dụ như phế thải nông lâm nghiệp và thành phần hữu cơ trong rác thải sinh hoạt). Mục tiêu chính là thay thế dần sản xuất dựa trên nguyên/ nhiên liệu hóa thạch bằng sản xuất dựa trên nền tảng sinh học, và do đó, cần đảm bảo lợi ích kinh tế, môi trường và xã hội và đảm bảo tương lai dựa trên sản xuất bền vững.

Trong khái niệm nền kinh tế tuần hoàn, mô hình sản xuất tuyến tính (“lấy, làm và bỏ”) được thay thế bằng mô hình tuần hoàn, trong đó các sản phẩm thải bị bỏ đi trong mô hình tuyến tính sẽ được giữ lại trong hệ thống, nhờ đó vật liệu thải được giảm mạnh và các chất thải được tái chế và tái sản xuất.

Do đó có sự giao thoa rõ ràng giữa hai khái niệm, đó là: lượng chất thải sẽ giảm mạnh nhờ sử dụng vật liệu thải trong sản xuất dựa trên công nghệ sinh học trên quy mô toàn cầu. Đây là chủ đề trọng tâm của nền kinh tế sinh học tuần hoàn (CBE). Các tác động rõ ràng nhắm vào phần cốt lõi của nền kinh tế. Các chuỗi cung ứng và giá trị, thay vì bắt nguồn từ các nguồn nguyên liệu hóa thạch, tiếp đó là vận chuyển qua các đại dương, có cơ hội được phát triển ở phạm vi cục bộ hơn. Điều này góp phần tạo ra nhiều việc làm gắn liền hơn với nguyên liệu: đặc biệt đây là cơ hội để giải quyết mục tiêu chính sách của tái tạo nông thôn. Nhưng điều này sẽ tạo ra nhu cầu hình thành một thể hệ các công ty sản xuất, NC&PT mới gần như đang hoàn toàn biến mất hiện nay. Từ đó, yêu cầu về các kỹ năng mới, đào tạo và giáo dục trên quy mô lớn được đặt ra và ngành giáo dục đại học sẽ cần phải được điều chỉnh để đáp ứng những yêu cầu này. Chỉ riêng ở Hà Lan, dự kiến sẽ cần 10.000 chuyên gia công nghệ sinh học trong tám năm tới.

Các bên liên quan chủ chốt và công chúng chủ yếu sẽ cần phải tham gia liên tục vào các quá trình chuyển đổi này. Vì chi phí cho sản xuất dựa trên sinh học thường vẫn cao hơn so với sản xuất dựa trên hóa thạch, nên các chính phủ cần phải

kêu gọi sự tham gia của người dân một cách rõ ràng về cách thức thực hiện CBE hiệu quả nhất để tiến tới các mục tiêu bền vững quan trọng. Điều này đặc biệt quan trọng khi các mục tiêu chính sách dự kiến sẽ giải quyết một số thách thức lớn nhất mà nhân loại đang phải đối mặt, ví dụ: biến đổi khí hậu, an ninh lương thực và năng lượng. Những thách thức lớn này diễn biến rất phức tạp bởi thực tế là chúng tương tác với nhau theo những cách không rõ ràng, điều này sẽ tạo ra sự kết năng và mâu thuẫn chính sách. Những thách thức được xem như là một hệ sinh thái thách thức lớn, theo đó các giải pháp tiềm năng giải quyết một thách thức có thể dẫn đến những tác động tích cực hoặc tiêu cực.

Bất cứ khi nào có sự can thiệp của con người vào một hệ thống, từ mức độ cơ sở đến toàn bộ cộng đồng, cho đến toàn cầu, đều có sự tương tác với các thành phần khác của hệ thống và hậu quả mới. “Hành vi” của các thách thức lớn này là giả định các đặc điểm của một hệ sinh thái: sự can thiệp vào một địa điểm dẫn đến những thay đổi không những ở đó mà còn ở những nơi khác. Cuối cùng, mục tiêu là tương tác các giải pháp để từ đó tương tác với những thách thức lớn. Điều này đòi hỏi nghiên cứu đa ngành và đổi mới hệ thống. Bảng 1 dưới đây đưa ra ví dụ về một số kết năng và mâu thuẫn chính sách tiềm tàng.

Bảng 1. Những kết năng và mâu thuẫn chính sách kinh tế tuần hoàn và kinh tế sinh học tiềm tàng

Địa điểm	Chính sách kinh tế sinh học quan trọng	Chính sách kinh tế tuần hoàn quan trọng	Kết năng và xung đột
EU	Chỉ thị năng lượng tái tạo (Hiện tại: EC, 2009; Viết lại Sau 2020: EC, 2017c) Chiến lược kinh tế sinh học (EC, 2012)	Kế hoạch hành động EU đối với kinh tế tuần hoàn (EC, 2015)	Kế hoạch hành động cho nền kinh tế tuần hoàn và chiến lược kinh tế sinh học phù hợp trong việc thúc đẩy việc sử dụng phân tầng sinh khối, trong đó ưu tiên sử dụng vật liệu sinh khối hơn so với sử dụng năng lượng. Tuy nhiên, cả chỉ thị năng lượng tái tạo hiện tại và sau 2020 đều không đặt ra một hạn chế có hệ thống đối với việc sử dụng trực tiếp sinh khối cho các mục đích năng lượng, bên cạnh tính bền vững và tiêu chí truy xuất nguồn gốc.
Đan Mạch	Khung kinh tế sinh học quốc gia 2014	Chiến lược ngăn chặn chất thải (chính phủ Đan mạch 2015)	Đi tiên phong trong nền kinh tế tuần hoàn và cộng sinh công nghiệp từ năm 1972 (Kalundborg), Đan Mạch đặt mục tiêu tái chế 50% chất thải sinh hoạt vào năm 2022. Khung kinh tế sinh học công nhận rằng pháp luật chất thải hiện tại có thể cản trở việc tận dụng chất thải để sản xuất năng lượng (ví dụ: bùn, MSW).

Phân Lan	Chiến lược kinh tế sinh học quốc gia 2014	Chương trình chiến lược (EC 2017b)	Phân Lan hướng tới mục tiêu thúc đẩy mạnh mẽ việc triển khai chung các chiến lược cho kinh tế sinh học và kinh tế tuần hoàn (thông qua sử dụng phân tầng gỗ làm vật liệu và sử dụng năng lượng) theo cách thức tối ưu.
Thụy Điển	Chiến lược nghiên cứu và đổi mới đối với nền kinh tế nền tảng sinh học 2012	Chiến lược tiêu thụ bền vững (Văn phòng chính phủ Thụy Điển 2016)	Những nỗ lực đáng kể được thực hiện để khử cacbon trong nền kinh tế Thụy Điển thông qua sinh khối (ví dụ: nhiên liệu sinh học), được kết hợp chặt chẽ trong một chiến lược cấp cao hơn để giảm tiêu thụ tài nguyên thông qua tái sử dụng và tái chế.
Italia	Chiến lược kinh tế sinh học 2016	Mô hình kinh tế tuần hoàn hiện đang được tham vấn	Chiến lược kinh tế sinh học bao gồm mục tiêu chuyển từ sử dụng nhiên liệu hóa thạch sang tài nguyên tái tạo, nhưng cũng đề cập đến vấn đề "giữ chất thải sinh học" và tính tuần hoàn. Tài liệu mô hình kinh tế tuần hoàn nhấn mạnh về sự cần thiết phải dành tài nguyên chất thải để sản xuất nhiên liệu sinh học tiên tiến.
Scốt-len	Lộ trình nhà máy sinh học cho Scốt-len (doanh nghiệp Scốt-len 2015)	Chiến lược cho nền kinh tế tuần hoàn 2016	Scốt-len đã xây dựng một cách tiếp cận tích hợp trong đó tối đa sử dụng tài nguyên sinh học thông qua các nhà máy sinh học. Vật liệu và hóa chất có nguồn gốc từ sinh khối được ưu tiên cho tái tạo năng lượng.
Trung Quốc	Kế hoạch năm 2012 đối với Phát triển công nghiệp sinh học (UB kinh tế sinh học Đức 2015) Kế hoạch 5 năm lần thứ 13 (2016-2020)	Luật thúc đẩy kinh tế tuần hoàn năm 2009 (diễn đàn kinh tế thế giới 2014)	Trung Quốc có một chiến lược đầy hoài bão, tham vọng để đương đầu với những thách thức quản lý chất thải và tối ưu hóa tài nguyên. Việc loại bỏ cacbon của nền kinh tế cũng là một phần của kế hoạch 5 năm, xây dựng dựa trên tài nguyên sinh khối để thay thế vật liệu và nguồn năng lượng hóa thạch.
Bra-xin	Luật đổi mới năm 2005	Chính sách quốc gia về chất thải rắn năm 2010	Brazil có một lịch sử lâu dài về nền kinh tế sinh học với tiên phong là chương trình Proalcool vào những năm 1970. Hiện tại không có chính sách liên bang nào quy định chiến lược kinh tế tuần hoàn, nhưng rất nhiều sáng kiến khu vực và tư nhân xem xét tối ưu hóa tài nguyên và hậu cần nghịch đảo.
Tây Ban Nha	Chiến lược quốc gia về kinh tế sinh học 2016	Tuần hoàn Tây Ban Nha năm 2030, Bản thảo	Kinh tế sinh học được coi là một công cụ cho kinh tế tuần hoàn ở Tây Ban Nha, đặc biệt là đối với mục đích sử dụng chất thải sinh học và phế thải. Kế hoạch hành động hàng năm của kinh tế sinh học là một biện pháp đề xuất trong Chiến lược kinh tế tuần hoàn

Nghiên cứu này nhằm tóm tắt điểm giao của hai khái niệm kinh tế chính này để cho thấy cách chúng có thể kết hợp với nhau để biểu thị một cách tiếp cận thống nhất để phát triển tính bền vững trong lĩnh vực chính sách hoạt động. Cả nhóm chính sách kinh tế sinh học và kinh tế tuần hoàn cần kết nối chặt chẽ với nhau để xây dựng chính sách mạch lạc nhằm tối đa hóa hiệu quả và giảm thiểu mâu thuẫn. Điều khiến cho sản xuất sinh học khác với một số hoạt động của nền kinh tế tuần hoàn là nó tập trung vào giá trị gia tăng. Có nghĩa là tạo ra một hóa chất đặc biệt có giá trị cao từ chất thải với tái chế đơn giản.

2. Vai trò của vật liệu thải trong nền kinh tế tuần hoàn

Chất thải được coi là vấn đề cốt lõi của chính sách CBE. Trong khi nền kinh tế tuần hoàn dự kiến sẽ thực hiện giảm thiểu chất thải trong thời gian dài, thì trong nền kinh tế sinh học, chất thải hữu cơ được sử dụng làm nguyên liệu cho sản xuất dựa trên nền tảng sinh học (hiện tại và về lâu dài). Điều này không những giúp giải quyết vấn đề chất thải mà còn tạo ra giá trị gia tăng ở các mức độ khác nhau (mức độ cao đối với sản phẩm khối lượng nhỏ, giá trị cao như hóa chất đặc biệt, mức độ thấp hơn đối với nhiên liệu vận tải lỏng khối lượng lớn). Các vấn đề môi trường và kinh tế cùng được giải quyết phải được coi là một đặc tính xác định của CBE. Hơn nữa, các vấn đề xã hội được giải quyết thông qua hỗ trợ tạo việc làm trong cơ cấu CBE - nhà máy xử lý sinh học hoặc nhà máy sản xuất sinh học.

Nhà máy xử lý sinh học là biểu hiện trung tâm của kinh tế sinh học, có thể là một cơ sở độc lập chuyên sản xuất sản phẩm riêng lẻ (chẳng hạn như các nhà máy ethanol thế hệ đầu tiên) hoặc nhiều cơ sở phức tạp tại một khu phức hợp sản xuất nhiều sản phẩm hơn (điển hình là khái niệm nhà máy xử lý sinh học tích hợp). Có nhiều loại mô hình cơ sở sản xuất khác nhau và ngày càng có nhiều mô hình được mở rộng theo thời gian.

Đặc điểm của nhà máy xử lý sinh học cũng phù hợp với khái niệm nền kinh tế tuần hoàn, đặc biệt là nhà máy sinh học xử lý "chất thải sinh học" sử dụng chất thải hoặc phế liệu để làm nguyên liệu. Tuy nhiên, bản chất của sự phù hợp này không dễ nhận thấy. Việc sử dụng các vật liệu như vậy rõ ràng không được coi là phương pháp tái chế điển hình, tái sử dụng hoặc tái sản xuất truyền thống, vì quá trình xử lý chất thải bằng phương pháp sinh học tạo ra các vật liệu "nguyên bản" có giá trị gia tăng từ các nguồn chất thải. Việc tạo ra giá trị này giúp phân biệt xử lý sinh học chất thải với thực hành quản lý chất thải tiêu chuẩn, và do đó rất khó để đặt nó trong hệ thống phân cấp quản lý chất thải. Nó nhấn mạnh sự cần thiết phải xác định lại các vật liệu làm nguyên liệu thô thứ cấp để tránh vi phạm quy định quản lý chất thải.

Hiệu quả tài nguyên là trung tâm của kinh tế sinh học. Tranh cãi về thực phẩm và nhiên liệu nảy sinh trong thập kỷ đầu tiên của thế kỷ này đã thúc đẩy tiến tới R & D nhà máy sinh học xenlulo và sử dụng đồng thời các chất thải được nêu ở trên. Giảm phát thải GHG hiện đã được coi là hiệu quả tài nguyên. Nó cũng nói về các vấn đề rộng lớn hơn nhiều về tính bền vững sinh khối, liên quan đến lượng sinh khối có thể được sử dụng mà không làm giảm tính bền vững của tài nguyên. Do đó, các động lực chính cho kinh tế sinh học có liên quan trực tiếp đến hiệu quả tài nguyên.

2.1. Công nghệ xử lý sinh học thế hệ thứ nhất so với thứ hai

Phần lớn các nhà máy xử lý sinh học hiện có trên thế giới là các nhà máy ethanol thế hệ đầu tiên sử dụng cây lương thực làm nguyên liệu. Vấn đề này đã được giải quyết trong những dự án khác và không phải là trọng tâm của các dự án hiện tại về CBE của OECD. Thay vào đó, xử lý sinh học chất thải trong bối cảnh hiện tại cần tập trung vào xử lý sinh học chất thải thế hệ thứ hai, trong đó nguyên liệu bao gồm các nguồn nguyên liệu phi thực phẩm (tái tạo hoặc không tái tạo), chúng thường sẽ là các vật liệu thải. Theo lý thuyết, cùng với dư lượng nông nghiệp và lâm nghiệp, nó được xem là một nguồn nguyên liệu lớn và tiềm năng.

Tuy nhiên, việc không bao gồm nhà máy xử lý sinh học thế hệ đầu tiên ở đây không có nghĩa rằng chúng không có tính bền vững hoặc tuần hoàn. Trên thực tế, xử lý sinh học cây lương thực có thể vượt qua nhiều tiêu chí khi xem xét tính bền vững. Đặc biệt, hiệu quả sử dụng đất đai trồng một số cây lương thực như củ cải đường, trong khi giảm phát thải GHG đã được chứng minh ở mức cực kỳ cao, điều này có nghĩa là việc loại trừ những tiêu chí này ra khỏi chính sách quốc gia không phải lúc nào cũng được bảo đảm. Yếu tố chính để áp dụng trong chiến lược quốc gia là tuân thủ các tiêu chí về tính bền vững và việc sử dụng cây lương thực theo cách này không làm ảnh hưởng đến vấn đề an ninh lương thực.

Lý do chính đáng giải thích cho việc này là nó tìm ra lối thoát khác cho nông dân và các loại nông sản. Đối mặt với tình trạng rớt giá và/hoặc giá cả biến động của cây lương thực, phương pháp xử lý sinh học thế hệ đầu tiên mang đến cho người nông dân niềm tin chắc chắn hàng năm rằng có một cách thay thế để tiếp thị sản phẩm của họ, giúp giảm rủi ro đầu tư nông nghiệp trong tương lai.

2.2. Khó khăn trong xử lý chôn lấp chất thải

Tại nhiều nước trên thế giới đã từng diễn ra phong trào giảm thiểu lượng rác thải chôn lấp thông qua việc thực hiện các biện pháp can thiệp chính sách như thuế chôn lấp rác thải, nhờ đó biện pháp chôn lấp chất thải trở thành một lựa chọn ít phổ biến hơn trong quản lý rác thải. Ở hầu hết các quốc gia, việc tìm các địa điểm phù hợp để sử dụng cho mục đích chôn lấp rác thải ngày càng trở nên khó khăn hơn. Ngay cả ở Úc – quốc gia có diện tích đất đai rộng lớn và dân số thấp, vẫn xảy ra tình

trạng khan hiếm nguồn cung cấp bãi chôn lấp rác thải và cần phải sử dụng một cách dè xẻn, thận trọng. Ở đất nước có điều kiện hoàn toàn đối lập với Úc như Nhật Bản với diện tích đất đai hạn chế và mật độ dân số cao, việc xây dựng các cơ sở xử lý rác thải như các bãi chôn lấp không dễ nhận được sự chấp thuận từ người dân do áp lực ngày một gia tăng đối với việc sử dụng đất và mối lo ngại ngày càng lớn về vấn đề bảo vệ môi trường và sức khỏe của con người. Nước Anh cũng đang gặp phải tình trạng thiếu bãi chôn lấp ở mức độ trầm trọng, ngoài ra, lượng rác thải còn tồn đọng lại đang được vận chuyển tới các địa điểm xa hơn có công suất chôn lấp rác thải lớn. Trong khi đó, việc tăng cường khai thác các địa điểm chôn lấp rác cũ đang được xem xét một cách nghiêm túc, trong đó, khoảng nửa triệu Euro đã được sử dụng cho mục đích phục hồi tài nguyên.

Kể từ những năm 1980, hơn ba phần tư số lượng các bãi chôn lấp ở Mỹ đã đóng cửa, trong khi lượng rác thải ngày một tăng lên. Lượng rác thải của Chicago hiện nay tăng hơn 300% so với giai đoạn đầu những năm 1980, các bãi chôn lấp rác hiện tại đều được đặt ở những khu vực xa thành phố. Trên toàn nước Mỹ, lượng rác thải đã tăng khoảng 65%, hơn một nửa trong số đó vẫn đang trong quá trình được xử lý chôn lấp. Thống kê trong năm 2013 cho thấy, tuổi thọ bãi rác trên toàn phạm vi bang Illinois là 21 năm. Ở Chicago, con số này chưa đến 10 năm. Từ năm 1997, bốn trong số các quận của thành phố New York đã chuyển MSW (chất thải rắn đô thị) theo đường bộ hoặc đường sắt đến các bãi chôn lấp rác ở xa như Ohio, Pennsylvania, South Carolina và Virginia. Trong khi đó, Tiểu bang New York đã đưa MSW từ New England và Canada đến các bãi chôn lấp ở ngoại ô.

Tại EU, lĩnh vực quản lý và tái chế chất thải có tốc độ phát triển cao, sử dụng nhiều lao động và cung cấp từ 1,2 đến 1,5 triệu việc làm. Tuy nhiên, lượng rác thải vẫn tiếp tục gia tăng. Trong khi một số quốc gia chôn lấp rác 100%, thì ở một số quốc gia khác không xử lý chôn lấp. Nhìn chung, dữ liệu châu Âu cho thấy các ưu tiên xử lý chất thải đã thay đổi trong thập kỷ qua, với việc ngày càng nhiều chất thải được sử dụng để sản xuất năng lượng hoặc tái chế. Chôn lấp vẫn là phương pháp xử lý rác thải chính tại một nửa số nước công nghiệp phát triển (OECD).

Trong khi đó, việc xây dựng bãi chôn lấp mới là hình thức ít phổ biến nhất mà một đô thị phải thực hiện. Các vấn đề quy định phức tạp vốn có của quá trình chôn lấp gồm có: hạn chế trong việc chọn địa điểm chôn lấp rác ở các vùng đồng bằng ngập nước, vùng đất ngập nước; bảo vệ các loài có nguy cơ tuyệt chủng; bảo vệ nguồn nước bề mặt; bảo vệ nguồn nước ngầm; kiểm soát bệnh và véc tơ gây bệnh (loài gặm nhấm, chim, côn trùng); cấm đốt lửa ngoài trời; kiểm soát khí metan dễ cháy nổ; phòng chống cháy thông qua việc sử dụng vật liệu phủ; phòng chống các

sự cố va chạm với chim đối với máy bay; yêu cầu đối với việc đóng cửa và sau đóng cửa bãi chôn lấp. Từ một số phương diện, vấn đề giảm thiểu lượng vật liệu chôn lấp liên tục đối mặt với áp lực. Một số loại MSW, nếu có thể phân loại, có thể được xử lý theo phương pháp sinh học.

Ngoài ra,, một số động lực thúc đẩy chính sách mạnh mẽ chẳng hạn như “Chỉ thị chôn lấp rác” ở EU, Chỉ thị 99/31/EC, giới hạn lượng chất thải phân hủy sinh học (chất thải nhà bếp và chất thải tương tự, bao gồm cả giấy) có thể được chôn lấp. Việc vận chuyển chất thải hữu cơ đến các bãi chôn lấp không được khuyến khích thông qua hình thức thuế chôn lấp. Một số tiểu bang Hoa Kỳ bao gồm Connecticut, Vermont, California và Massachusetts đang thông qua quy định nhằm thúc đẩy phân loại chất thải hữu cơ, (dần dần) tạo ra áp lực pháp lý để áp dụng các công nghệ chuyển đổi khác. Trong thập kỷ qua, Nhật Bản đã chuyển từ chính sách quản lý chất thải sang phương pháp quản lý tích hợp vật liệu và chất thải nhằm thúc đẩy quá trình tăng hiệu suất tài nguyên. Sự thiếu hụt các địa điểm xử lý chất thải và phụ thuộc vào nguồn tài nguyên thiên nhiên là những động lực chính cho những thay đổi này.

3. Xử lý rác thải bằng phương pháp sinh học

3.1. Chất thải lignocellulose

Xét về mặt lý thuyết, lượng chất thải rắn, lỏng và khí có sẵn trong tự nhiên có thể mang lại giá trị là vô cùng lớn, nhưng trong thực tế, điều này lại bị hạn chế vì nhiều lý do. Điển hình như việc thu gom rom rạ hoặc tàn dư cây trồng có thể không có ý nghĩa đối với những người nông dân hoặc chủ rừng, do đó cần phải được khuyến khích. Chất thải rắn đô thị chứa rất nhiều vật liệu lên men, nhưng chúng thường bị trộn lẫn với các vật liệu không lên men. Khí thải công nghiệp tồn tại rất nhiều và thường ở dạng tương đối tinh khiết, nhưng việc nuôi cấy vi sinh vật phục vụ cho quá trình lên men khí chưa được nhận thức đầy đủ, và có rất ít cơ chế khuyến khích cho các công ty thu giữ khí thải.

Rõ ràng có một lượng lớn chất thải có thể được sử dụng làm nguyên liệu, nhưng cần phải có ý chí chính trị để khuyến khích thu gom chất thải. Ví dụ, lượng rom rạ có sẵn ở châu Á là hơn nửa tỷ tấn thường xuyên bị xử lý bằng cách đốt cháy. Xử lý sinh học rom rạ thay cho đốt cháy sẽ làm giảm GHG và các khí thải khác.

Ở Mỹ, nút thắt trong sản xuất sinh học xảy ra do nhiều yếu tố như chi phí tài nguyên sinh khối cao, tính chất bền vững của các nguyên liệu lignocellulose, chi phí sử dụng enzyme hoặc hóa chất để phân tích sinh khối cao và yêu cầu cho các quy trình xử lý sinh học tối ưu cho phạm vi nguyên liệu rộng hơn. Bộ Nông nghiệp Mỹ (USDA) đã và đang giải quyết yêu cầu đó đối với các nguyên liệu mới (Hộp 1),

đồng thời, giúp duy trì và phát triển ngành công nghiệp ethanol và diesel sinh học thế hệ đầu tiên.

Hộp 1. Nhu cầu sử dụng các nguyên liệu mới ở Mỹ: các sáng kiến của USDA

Để giải quyết các yếu tố nút thắt của sản xuất sinh học, Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA) đã lập ra 5 Trung tâm Nghiên cứu Sinh khối Khu vực. Một ưu thế của chương trình này là nó cung cấp ưu đãi cho các nhà nghiên cứu thực địa, tối ưu hóa cây trồng làm nguyên liệu cho nhiên liệu sinh học, để hợp tác chặt chẽ với các nhà nghiên cứu phát triển công nghệ nhà máy sinh học. Khi ngành này phát triển, trọng tâm đã chuyển từ sản xuất ethanol từ ngô và các loại ngũ cốc sang sản xuất ethanol xenlulo, và giờ đây hướng tới phát triển các quy trình tích hợp sản xuất các sản phẩm thay thế cho sản phẩm dầu mỏ. Các công nghệ sản xuất nhiên liệu sinh học tiên tiến như n-butanol, dầu sinh học nhiệt phân, hydroxymethylfurfural, khí sinh học hóa lỏng và thậm chí hydro (sinh học) đã được phát triển và có khả năng thương mại hóa.

Tuy nhiên, cần lưu ý rằng, ngành công nghiệp sản xuất ethanol từ ngô là một ngành trị giá hàng tỷ đô la, đáng để nghiên cứu theo hướng làm cho nó hoạt động hiệu quả nhất có thể. Ngành công nghiệp này đã đóng góp 44 tỷ USD vào GDP của Mỹ và đóng thuế 10 tỷ USD. Chiến lược nhằm cuối cùng đạt được các mục tiêu Tiêu chuẩn Nhiên liệu tái tạo là thực hiện cải tiến từng bước trong các khái niệm nhà máy sinh học hiện có. Những cải tiến này phải bao gồm một chiến lược khu vực đủ linh hoạt để sử dụng nguồn cacbon tái tạo rẻ nhất trong một khu vực nhất định. Ví dụ, tính linh hoạt này thể hiện thông qua việc sử dụng cây cao lương, cỏ kê, hoặc cỏ chèo vè ở vùng Trung Tây Hoa Kỳ, cao lương ngọt hoặc đường mía ở miền Nam Hoa Kỳ, bã cây ở Tây Nam Hoa Kỳ, đường vỏ hạnh nhân ở California và thậm chí cả vỏ cam quýt ở Florida. Một yếu tố quan trọng khác là khả năng tích hợp các nhà máy ethanol hiện có với các hoạt động khác, đặc biệt là sử dụng chuyển đổi nhiệt hóa của tất cả các nguồn sinh khối hoặc sử dụng quy trình tích hợp để sản xuất khí sinh học và các sản phẩm có nguồn gốc từ khí sinh học. Các chiến lược nhà máy sinh học tối ưu nhất khi kết hợp nghiên cứu nguyên liệu thực địa về năng suất, chất lượng cây trồng và chi phí sinh khối các với chiến lược nhà máy sinh học.

3.2. Chất thải rắn đô thị (MSW) và chất thải thực phẩm

Chất thải rắn đô thị (MSW) là chất thải sinh hoạt thường được xử lý chôn lấp theo truyền thống. Nó chứa một lượng đáng kể chất thải thực phẩm. Hơn 50% MSW có khả năng phân hủy sinh học, cho phép sử dụng làm nguyên liệu tiềm năng để sản xuất nhiên liệu sinh học, năng lượng sinh học, hóa chất hàng hóa. Một người sống trong khu vực OECD tạo ra trung bình 520 kg chất thải mỗi năm; con số này nhiều hơn 20 kg so với năm 1990, nhưng thấp hơn 30 kg so với năm 2000.

Lượng MSW rất lớn và việc xử lý sinh học MSW sẽ có ý nghĩa hơn ở một số quốc gia với các quốc gia khác, đặc biệt là những quốc gia có lượng MSW lớn được chôn lấp. Với việc thu gom chất thải riêng biệt bắt buộc ở châu Âu vào năm 2023, mô hình này có thể áp dụng cho các quốc gia khác.

Chất thải thực phẩm, về bản chất, là chất thải có thể phân hủy sinh học và nhiều loại có thể chuyển hóa trong các nhà máy sinh học. Đến nay, hầu như không có chất thải thực phẩm nào được sử dụng theo cách này, mặc dù ước tính hàng năm trên toàn cầu có khoảng 1,3 tỷ tấn chất thải thực phẩm tại các bãi chôn lấp. Điều này cho thấy rằng một phần ba tổng sản lượng lương thực toàn cầu bị lãng phí, gây thiệt

hại cho nền kinh tế toàn cầu hơn 900 tỷ USD. Chất thải thực phẩm trong bãi rác cuối cùng sẽ được biến đổi sinh học thành khí sinh học, một hỗn hợp dễ cháy của metan và CO₂ và một lượng nhỏ hydro. Tại các bãi chôn lấp kỹ thuật hiện đại, khí sinh học này có thể được thu giữ và sử dụng để sưởi cho khu vực hoặc để sản xuất điện. Tuy nhiên, ở quy mô toàn cầu, nó chỉ đơn giản là bổ sung phát thải GHG vì khí mê-tan tạo GHG mạnh hơn nhiều so với CO₂. Thiệt hại thực phẩm toàn cầu và chất thải thực phẩm tạo ra hàng năm 4,4 tye tấn CO₂ tương đương, hay khoảng 8% tổng lượng khí thải GHG do con người tạo ra, chỉ ít hơn một chút so với giao thông đường bộ toàn cầu.

Những năm gần đây người ta tập trung rất nhiều vào chất thải xenlulo. Dữ liệu về xử lý sinh học chất thải thực phẩm rất khó thu thập và không nhiều. Cách tiếp cận thu thập dữ liệu đơn thuần về chất thải thực phẩm không có giá trị cụ thể. Tuy nhiên, nguồn dữ liệu còn hạn chế cho thấy tình trạng tổn thất lương thực cao hơn nhiều so với giai đoạn ngay sau thu hoạch ở các nước đang phát triển. Đối với các nền kinh tế thịnh vượng, chất thải thực phẩm sau tiêu dùng chiếm phần lớn nhất, với sự ảnh hưởng từ các yếu tố như tính thẩm mỹ và thời hạn sử dụng. Ước tính rằng lượng thực phẩm bị lãng phí ở Anh là 25% (tính theo trọng lượng) của lượng đã mua, đó chỉ là nguồn thực phẩm bị lãng phí ở các hộ gia đình. Bánh mì được coi là nguồn thực phẩm bị lãng phí nhất, chiếm tới 32%.

Do đó, việc kiểm tra chất thải thực phẩm tại các điểm khác nhau trong chuỗi cung ứng thực phẩm là nguồn cung cấp thông tin cho các chính phủ vì giai đoạn thực phẩm bị lãng phí ảnh hưởng rất lớn đến vết cacbon liên quan đến chất thải. Chuỗi cung ứng càng xa điểm thu hoạch mà sản phẩm thực phẩm bị lãng phí, cường độ cacbon của chất thải kể từ khi thu hoạch, vận chuyển và chế biến tích lũy thêm GHG theo chuỗi cung ứng càng lớn.

3.3. Chất thải cá

Nghề đánh bắt cá hoang dã và nuôi trồng thủy sản là sản xuất cho thực phẩm ít khí thải cho con người so với sản xuất động vật nhai lại. Tuy nhiên, khoảng 40% lượng cá bị thải bỏ và hơn 20 triệu tấn chất thải từ cá bao gồm gan, đầu, ruột, xương và da bị thải ra môi trường trên khắp thế giới, dẫn đến ô nhiễm môi trường hoặc khiến cho quá trình xử lý chất thải gặp nhiều khó khăn, và tổn thất chất dinh dưỡng có giá trị.

Một trong những thách thức đối với việc mở rộng nuôi trồng thủy sản là cung cấp thức ăn cho cá chất lượng cao. Nội dung kịch bản đề cải thiện thách thức cung cấp thức ăn là tận dụng nhiều chất thải chế biến cá trong sản xuất bột cá và dầu cá. 90% thành phần được sử dụng trong bột cá được sản xuất là từ rác thải cá.

3.4. Sản xuất nguyên liệu lên men từ khí công nghiệp

Trong một cuộc hội thảo OECD, Adani (2015) đã cố gắng định lượng lượng các loại chất thải khác nhau có sẵn và đưa những con số đó vào bối cảnh sản xuất công nghiệp. Các khí lên men được sản xuất với số lượng lớn từ các ngành khác nhau. Tuy nhiên, việc thu gom chúng từ một số ngành này lại không khả thi. Hai nguồn khả thi để thu gom là cung cấp năng lượng và công nghiệp – là những ngành có lượng phát thải lớn.

Trong các lĩnh vực mà việc thu gom khả thi, CO₂ đến nay là khí quan trọng nhất. Bốn số liệu quan trọng được đưa ra bởi Adani liên quan đến tiềm năng sử dụng khí trong xử lý sinh học chất thải là:

1. Tiêu thụ nguyên liệu thô tái tạo cho ngành hóa chất và các ngành khác: 857 triệu tấn mỗi năm
2. Tổng khối lượng sử dụng để sản xuất hóa chất: 271 triệu tấn mỗi năm
3. Tổng khối lượng từ ngành công nghiệp CO₂ và sản xuất năng lượng: 7 596 triệu tấn mỗi năm
4. Tổng khối lượng từ chất thải sinh học và thất thoát thực phẩm: ~ 354 triệu tấn mỗi năm.

Các số liệu sẽ chỉ ra rằng lượng CO₂ có sẵn vượt xa mức cần thiết. Tuy nhiên, con số tổng có thể chưa nói hết lên những vấn đề khả thi, ví dụ như hiệu quả của việc sử dụng khí trong hoạt động của nhà máy xử lý sinh học, các khía cạnh kỹ thuật liên quan khác chẳng hạn như độ tinh khiết của khí, tính dễ dàng và chi phí của việc thu gom. Ước tính sơ bộ từ LanzaTech, một công ty hàng đầu về lên men khí, cho thấy có thể sản xuất hơn 30 tỷ gallon mỗi năm các sản phẩm có giá trị cao chỉ từ khí thải của nhà máy cán thép; đây là một đóng góp đáng kể cho nguồn năng lượng và hóa chất trên toàn thế giới.

3.5. Chất thải nhựa trong CBE

“Chúng ta cần giảm chất thải và tiến tới các chất thay thế có thể phân hủy sinh học mới cho nhựa. Nhưng một trong những bước đơn giản nhất là thay đổi cách chúng ta sử dụng và loại bỏ các sản phẩm nhựa dễ phân hủy hơn.” (The Guardian, 22/3/2018)

Vấn đề tích tụ chất thải nhựa trong đại dương không phải là mới. Bãi rác Thái Bình Dương được phát hiện có kích thước gấp đôi nước Pháp và lớn hơn 16 lần so với ước tính trước đây. Điều đáng lo ngại là các hạt vi nhựa bắt đầu được các tế bào

sống hấp thụ và đã được chứng minh là ảnh hưởng vào quá trình sinh sản và hoạt động của thể hệ con cái ở loài hàu.

Đến năm 2050, ước tính sẽ có thêm 33 tỷ tấn nhựa trên hành tinh. Tính không phân hủy sinh học của lượng nhựa này đồng nghĩa với việc chất thải nhựa là một vấn đề ngày càng đáng lo ngại trừ khi chúng ta tìm được các giải pháp. Giải pháp tuần hoàn là đốt chất thải nhựa và thu hồi năng lượng, được thực hiện phổ biến, nhưng không ngăn được sự tích tụ nhựa trong các đại dương.

Nhựa sinh học có thể phân hủy sinh học hoặc bền vững, và xu thế thị trường tỷ lệ nhựa bền vững tăng lên. Nhựa phân hủy sinh học vẫn được coi là sản phẩm thích hợp. Mặc dù trải qua nhiều thập kỷ nghiên cứu và phát triển, sự thâm nhập thị trường của nhựa sinh học có thể phân hủy sinh học vẫn còn khá nhỏ. Tuy nhiên, những thị trường ngách quan trọng này, bao gồm: túi đựng chất thải sinh học có thể phân hủy, túi trái cây và rau quả, túi xách nhẹ; túi đựng chè và cà phê viên nén; sử dụng màng mỏng bọc trái cây và rau quả.

Nhựa phân hủy sinh học có thể gia tăng giá trị trong nền kinh tế tuần hoàn. Chúng có thể được xử lý trong các cơ sở chế biến phân bón hoặc góp phần tạo ra khí sinh học trong các cơ sở phân hủy kỵ khí. Nhựa được chứng nhận tự hủy sinh học công nghiệp góp phần vào việc quản lý chất thải hiệu quả và sử dụng tài nguyên tuần hoàn theo nhiều cách khác nhau, bao gồm:

- Góp phần chuyển đổi chất thải sinh học từ chôn lấp sang tái chế hữu cơ
- Góp phần tránh đốt chất thải sinh học, vốn phức tạp bởi độ ẩm cao
- Góp phần chuyển chất thải sinh học khỏi tái chế nhựa cơ học
- Cung cấp thêm nguyên liệu nền tảng sinh học thứ cấp cho các mục đích công nghiệp.

4. Một số sáng kiến xử lý chất thải sinh học chọn lọc

4.1. Xử lý sinh học và ủ phân bón từ chất thải xenlulo

Nhà máy xử lý sinh học xenlulô

Lignocellulose bao gồm các polyme carbohydrate (cellulose, hemiaellulose) và một loại polymer thơm (lignin). Đây là nguyên liệu thô dồi dào nhất để xử lý sinh học vì nó chứa một lượng lớn đường có thể lên men. Tuy nhiên, các loại đường cần thiết cho quá trình lên men liên kết chặt chẽ trong lignocellulose. Điều này trở thành rào cản cho việc sử dụng lignocellulose từ sinh khối trong quá trình xử lý sinh học. Phần lớn nỗ lực kỹ thuật để giải phóng lượng lớn liên kết cho hoạt động lọc sinh học

có liên quan đến việc khắc phục tính bền vững của nguyên liệu. Khoảng 40-60% tổng chi phí vận hành của một nhà máy xử lý sinh học điển hình có liên quan đến các nguyên liệu được chọn. Tuy nhiên, chi phí đáng kể nhất cho các nhà máy nhiên liệu sinh học xenlulo thế hệ thứ hai có thể là việc chuyển đổi sinh khối gỗ thành đường lên men.

Các nhà máy xử lý sinh học tích hợp, khai thác các thành phần chất thải lignocellulose tổng thể để tạo ra nhiên liệu, hóa chất và năng lượng, được mô tả là "trụ cột của nền kinh tế tuần hoàn". Tuy nhiên, việc phân loại là vấn đề trong quá trình xử lý sinh học xenlulo. Các vấn đề kỹ thuật xung quanh việc chuyển đổi đã được chứng minh là khó đến nỗi chỉ một số ít các nhà máy sinh học này là khả thi về mặt thương mại và tại thời điểm này, hầu hết các cơ sở này vẫn còn gặp khó khăn.

Ủ phân bón quy mô công nghiệp

Một giải pháp thay thế và tuần hoàn là chuyển đổi chất thải xenlulo thành phân hữu cơ và chất cải tạo đất. Không giống như xử lý xenlulo, phương pháp ủ phân đã được sử dụng trong hàng thế kỷ để duy trì độ phì nhiêu của đất, theo nghĩa rộng là vi sinh. Việc ủ phân ở quy mô công nghiệp mới hơn rất nhiều, chưa tối ưu, đòi hỏi kết hợp với các công nghệ khác để cải thiện hiệu quả và kiểm soát quy trình. Các quy trình này trong CBE có thể được chứng minh bằng số lượng và loại vật liệu thải có thể sử dụng để ủ phân bón quy mô công nghiệp. Chất thải và phế thải thích hợp bao gồm: cỏ, lá cây, hàng rào, thực phẩm thừa, chất thải rau quả từ ngành công nghiệp thực phẩm, chất thải từ ngành lên men, phân rắn và lỏng từ trại động vật, phế thải lâm nghiệp, chất thải từ ngành công nghiệp giấy, dạ cỏ của gia súc giết mổ và bùn thải từ các nhà máy xử lý nước thải.

Thoạt nhìn các sản phẩm này không hấp dẫn và giá trị gia tăng thấp. Tuy nhiên, nhìn chung phải xem xét đến tình trạng đất trồng trọt nói chung và tầm quan trọng bị đánh giá thấp của đất đối với sức khỏe con người và hành tinh. Tình trạng của đất đáng nhận được sự quan tâm nghiêm túc từ các nhà hoạch định chính sách. Một ví dụ điển hình về nâng cao nhận thức là sáng kiến Năm quốc tế về đất đai (2010) của Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hợp Quốc.

Sau đây là những vấn đề mang tính bắt buộc mà các nhà hoạch định chính sách cần phải nắm được đối với nền kinh tế tuần hoàn:

- Hơn 95% toàn bộ thực phẩm có nguồn gốc từ đất trồng trọt
- Đất hấp thụ khoảng 20% lượng phát thải CO₂ của con người
- Tốc độ hình thành chậm có nghĩa là đất nên được coi là tài nguyên không tái tạo - phải mất 1000 năm để tạo ra 3 cm tầng đất mặt.

- Đất đang bị phá hủy với tốc độ chưa từng thấy - nếu tốc độ thoái hóa như hiện tại còn tiếp diễn, tất cả tầng đất mặt trên thế giới có thể biến mất trong vòng 60 năm.

- Xét về mặt kinh tế, đất nên được xem là vốn tự nhiên. Người ta ước tính rằng 17% GDP của New Zealand phụ thuộc vào 150 mm tầng đất mặt.

Tuy phân bón nhân tạo đã nâng cao đáng kể năng suất nông nghiệp, nhưng chúng cũng tạo ra những vấn đề ảnh hưởng tới ngành công nghiệp, nông nghiệp, năng lượng và môi trường. Các vấn đề môi trường xung quanh phân vô cơ được mô tả rõ ràng và đã được biết đến trong nhiều thập kỷ. Quy trình Haber-Bosch sản xuất phân bón tiêu tốn rất nhiều năng lượng, chiếm 3-5% lượng khí đốt tự nhiên của thế giới và thải ra lượng lớn CO₂ vào khí quyển.

4.2. Chất thải thực phẩm và đồ uống

4.2.1. Chất thải phô mai - nhiều, chi phí xử lý cao và gây hại cho môi trường

Váng sữa (whey) là sản phẩm phụ gây ô nhiễm cao của quá trình sản xuất bột phô mai và casein với sản lượng váng sữa trên toàn thế giới ước tính khoảng 190 triệu tấn mỗi năm. Đây được coi là dạng chất thải nguy hại nên không thể thải trực tiếp vào các nguồn nước. Có nhiều quy trình bay hơi và không bay hơi (khác nhau để xử lý váng sữa. Quy trình bay hơi bằng công nghệ sinh học là một phương pháp tiếp cận kinh tế sinh học kinh điển và tuần hoàn theo nghĩa các nguồn tài nguyên được duy trì lâu hơn trong nền kinh tế bằng cách tạo ra các vật liệu "nguyên gốc" từ dòng chất thải gây ô nhiễm.

Dự án hàng đầu AgriChemWhey¹² của Bio-based Industries Joint Undertaking (BBIJU) đề xuất xây dựng một nhà máy sinh học tích hợp ở Ai-xơ len nhằm chuyển đổi dòng sữa phụ phẩm thành các sản phẩm giá trị gia tăng như axit L-lactic, axit polylactic (một loại nhựa sinh học có thể phân hủy mới), các khoáng chất thiết yếu cho dinh dưỡng của người và phân bón sinh học. Do đó, dự án giải quyết các mục tiêu chính sách của CBE như sau:

- Tạo việc làm cho người lao động ở vùng nông thôn và phát triển vùng
- Giảm áp lực đối với đất đai
- Giảm thiểu phát thải nhà kính (GHG)
- Chống ô nhiễm môi trường
- Xử lý chất thải bằng trích li bay hơi
- Tạo chuỗi giá trị tuần hoàn mới và hệ sinh thái đổi mới
- Tăng tính bền vững của ngành sản xuất sữa.

4.2.2. Sản xuất axit succinic từ phế thải bánh mì

Tại Hà Lan, chất thải từ bánh mì chiếm một phần tư lượng chất thải thực phẩm trong nước, trung bình một người thải loại 9,2 kg bánh mì mỗi năm. Do số lượng chuột ngày càng tăng nhanh, một số hội đồng đã lập kế hoạch đặt các thùng thu gom bánh mì thải nhằm loại bỏ nguồn thực phẩm chính của loài này. Hiện tại có khoảng 50 điểm thu gom bánh mì thải ở Rotterdam. Trên thực tế, bánh mì thải có thể được xử lý để sản xuất phân bón, tuy nhiên, cũng có một vài kế hoạch xây dựng nhà máy phân hủy kỵ khí quy mô lớn để tạo khí sinh học từ bánh mì phế thải.

Tuy nhiên, năng lượng tiêu thụ trong quá trình nướng bánh mì ngay từ đầu nhiều hơn so với năng lượng được tái tạo trong khí sinh học. Phương pháp tiếp cận khác được đánh giá là phù hợp trong CBE nhằm tạo ra giá trị gia tăng lớn hơn thông qua quy trình sản xuất sinh học. Điển hình như trong một nghiên cứu, sản phẩm thủy phân bánh mì lên men là nguyên liệu duy nhất để sản xuất axit succinic, với năng suất tổng thể là 0,55 g axit succinic trên mỗi gam bánh mì. Đây là sản lượng axit succinic cao nhất đạt được so với các sản phẩm có nguồn gốc từ chất thải thực phẩm khác được báo cáo tại thời điểm đó. Axit succinic được coi là một trong những hóa chất nền tảng trong tương lai của ngành công nghiệp hóa chất bền vững. Nó là tiền thân của nhiều hóa chất, với công suất đạt khoảng 30 000 tấn mỗi năm. Giá trị thị trường axit succinic dự kiến đạt 1,1 tỷ USD.

4.2.3. Chất thải cá làm thức ăn nuôi cá

Ngăn chặn chất thải từ cá trở thành một mối quan ngại trong xử lý chất thải, ngoài bột cá và dầu cá là thức ăn chất lượng cao cho cá nuôi, nhiều ứng dụng khác cũng được quan tâm lựa chọn. Dầu cá được xử lý trước và thông qua quá trình este hóa chéo tạo ra các phần axit béo este ethyl bão hòa và không bão hòa (FAEE). Hàm lượng bão hòa có thể được sử dụng làm nhiên liệu sinh học, trong khi FAEE chưa bão hòa có thể được este hóa chéo thêm bằng glycerol (là sản phẩm phụ của quá trình sản xuất diesel sinh học) để thu được dầu giàu axit béo đa không bão hòa (PUFAs). PUFA là sản phẩm có giá trị cao; vì vậy, đây được coi là điển hình của việc sử dụng phế thải cá.

4.2.4. Sản xuất nhiên liệu sinh học từ phế thải rượu Whiskey

Phế thải của ngành công nghiệp sản xuất rượu whiskey mạch nha ở Scotland hiện bao gồm 750.000 tấn cặn và 2 tỷ lít nước thải rượu, dòng chất thải nguy hại một lần nữa có thể gây nguy hiểm cho sức khỏe con người và môi trường. Bã rượu - phụ phẩm trong quá trình sản xuất rượu whiskey có nhu cầu oxy sinh hóa (BOD) cao và chứa men, muối vô cơ và nhiều loại hợp chất hữu cơ bao gồm cả đường chưa lên

men. Các biện pháp xử lý trước đây liên quan đến quá trình phân hủy kỵ khí để tạo ra khí sinh học được sử dụng nhằm mục đích sưởi hoặc tạo ra điện.

Nghiên cứu tại Celtic Renewables Ltd đã chứng minh công nghệ cần thiết để chuyển đổi bã rượu thành butanol, một loại nhiên liệu sinh học tiên tiến, thông qua con đường vi sinh vật (công nghệ vi sinh). Công ty đang bắt đầu xây dựng một nhà máy mẫu tại thành phố Grangemouth, Scotland, nơi đặt trụ sở của khu liên hợp hóa dầu lớn. Dự tính đây sẽ là một nhà máy mẫu thương mại có khả năng sản xuất hơn nửa triệu lít nhiên liệu sinh học mỗi năm

Các mục tiêu chính sách của CBE được giải quyết bao gồm:

- Phát triển khu vực
- Giảm áp lực đối với đất đai
- Giảm thiểu phát thải nhà kính (GHG)
- Phòng chống ô nhiễm môi trường
- Tăng giá trị chất thải
- Tạo chuỗi giá trị tuần hoàn mới và hệ sinh thái đổi mới
- Tăng tính bền vững của ngành sản xuất rượu whisky.

4.3. Lên men khí

Các vi sinh vật lên men khí có khả năng cố định CO₂ và CO, và cũng thường sử dụng H₂. Chúng được sử dụng nhằm mục đích chuyển đổi khí cacbon thành nhiên liệu và hóa chất. Công nghệ này có thể sử dụng nhiều nguyên liệu rắn nếu các nguyên liệu đó có thể dễ dàng khí hóa. Những nguyên liệu này bao gồm: MSW (chất thải rắn đô thị); các dạng sinh khối, phế thải nông nghiệp; và đáng kể nhất là khí thải công nghiệp.

4.3.1. Sản xuất ethanol từ khí thải ra từ nhà máy thép

Trong nhiều năm, phương pháp lên men khí đã phát triển mạnh tại một nhà máy thép của Trung Quốc và hiện nay, kế hoạch xây dựng một nhà máy thép lớn hơn ở Ghent, Bỉ cũng đã được đưa ra. Dự án hợp tác giữa các công ty khởi nghiệp LanzaTech có trụ sở ở thành phố Chicago (Mỹ), ArcelorMittal - tập đoàn thép đa quốc gia có trụ sở chính ở thành phố Luxembourg và công ty Primetals Technologies (Áo), sẽ tạo ra 47.000 tấn ethanol mỗi năm từ khí thải của các hoạt động sản xuất thép.

Có sự khác biệt giữa ‘cacbon xanh’ và ‘cacbon đen’. Điều này là do, xét về phương diện pháp lý, chỉ có khí tổng hợp từ sinh khối rắn mới có thể được coi là ‘cacbon xanh’. Trong khi đó, khí tổng hợp được sản xuất từ các nguồn năng lượng

hóa thạch hoặc các sản phẩm làm từ các nguồn năng lượng hóa thạch được coi là ‘cacbon đen’.

Tuy nhiên, công nghệ sản xuất ethanol này phức tạp, chưa được tiêu chuẩn hóa và chưa cạnh tranh. Giá trị gia tăng có thể được tạo ra bằng cách tích hợp các quá trình nhiệt hóa, sinh hóa và hóa học phù hợp. Công nghệ này rõ ràng có thể được áp dụng cho các hóa chất trung gian có giá trị hơn ethanol. Chiến lược này hỗ trợ các khái niệm về nhà máy sinh học tích hợp và khái niệm sử dụng phân tầng (cho dù là ‘cacbon đen’ hay ‘cacbon xanh’).

Điều cần nhấn mạnh là việc sử dụng ‘cacbon đen’ tự nhiên với số lượng lớn có lợi thế lớn trong việc sử dụng đất tiết kiệm. Các vấn đề chính sách xung quanh thay đổi sử dụng đất về cơ bản được loại bỏ bằng cách sử dụng khí thải công nghiệp thay cho cây lương thực hoặc cây phi lương thực.

4.3.2. Sản xuất thức ăn cho cá từ khí : nuôi cá làm thức ăn cho con người

Hiện tại, nuôi trồng thủy sản đã vượt các hoạt động đánh bắt thủy sản tự nhiên và có tiềm năng lớn phát triển trong tương lai. Ngành nuôi trồng thủy sản cần tìm nguồn thức ăn mới cho cá, đặc biệt là thay thế hoặc bổ sung các đầu vào chất lượng cao hiện có, có nguồn gốc từ bột cá và dầu cá, điều này ngày càng được coi là một hạn chế đối với khả năng phát triển của ngành nuôi trồng thủy sản trong tương lai. Đồng thời, giảm tác động môi trường của hoạt động nuôi trồng thủy sản đã trở thành ưu tiên lớn trong mục tiêu thúc đẩy bền vững hơn nữa.

4.4. Xử lý chất thải bằng phương pháp sinh học kỵ khí

Phân hủy kỵ khí bùn thải để sản xuất khí sinh học đã được áp dụng trong xử lý sinh học nước thải trong hơn 1 thế kỉ. Phương pháp này ổn định bùn thải bằng cách loại bỏ các tác nhân gây bệnh. Tuy nhiên, khí mêtan thường được sử dụng để tạo ra điện và có thể đủ để cung cấp năng lượng cho toàn bộ nhà máy xử lý nước thải, đóng góp vào phát triển bền vững về môi trường và kinh tế của các nhà máy này.

Quá trình phân hủy kỵ khí có khả năng mở rộng và đã được hoàn thiện cho phù hợp với cấp độ trang trại riêng lẻ, trong đó, nhiều loại phế liệu có thể được chuyển đổi thành khí sinh học, ví dụ: bùn, cỏ, phân rắn, phân gà và rom. Hơn nữa, tính cân bằng sau quá trình phân hủy kỵ khí của nước thải được cải thiện để đáp ứng nhu cầu cây trồng tốt hơn so với bùn phân thô, từ đó, làm giảm thiểu nhu cầu sử dụng phân bón hóa học N và P bổ sung, đồng thời giảm phát thải GHG. Mặc dù công nghệ đã được chuẩn hóa và có nhiều ưu điểm như vậy, tại các nước OECD, chỉ khoảng 5% thành phần hữu cơ của chất thải rắn đô thị (OFMSW) được phân hủy. Đối với một số nước thì giải pháp ưu tiên vẫn là xử lý bằng hình thức đốt.

Hiện nay, sản xuất khí sinh học đang được xem là một phần của khái niệm nhà máy sinh học. Sản xuất nhiều nhiên liệu sinh học từ xơ lúa mạch (ethanol sinh học, hydro sinh học và khí sinh học) có thể làm tăng hiệu quả sử dụng sinh khối được ghi nhận trong việc sử dụng phân tầng của khái niệm sinh khối. Các axit béo dễ bay hơi (VFAs) được tạo ra từ hoạt động của vi sinh vật kỵ khí, thường được coi là mối gây hại, ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường, có tiềm năng trở thành tiền chất cho quá trình sản xuất công nghệ sinh học polyhydroxyalkanoates (PHAs) – vật liệu nhựa có khả năng phân hủy sinh học.

4.5. Xử sinh nước thải bằng công nghệ sinh học

Quản lý nước thải cần đóng vai trò trung tâm trong mục tiêu đạt được an ninh nguồn nước trong tương lai trong một thế giới mà áp lực nước ngọt sẽ ngày càng gia tăng. Và hiện nay tại các nước đang phát triển, 90% lượng nước thải và 70% lượng chất thải công nghiệp được thải ra nước mặt mà không được xử lý. Với kinh nghiệm hơn một thế kỷ trong vấn đề xử lý nước thải bằng sinh học, các vấn đề nghiêm trọng có thể được giải quyết đơn giản bằng việc áp dụng hiệu quả các công nghệ xử lý nước thải sinh học hiện nay. Tuy nhiên, xử lý sinh học nước thải sẽ tăng thêm giá trị.

Xem xét trường hợp của Nam Phi, Việc duy trì tính toàn vẹn của cơ sở hạ tầng xử lý nước cơ bản và hiệu suất tối ưu của nó là một thử thách mà Nam Phi đang phải đối mặt cùng với tình trạng dân số đô thị đang ngày một tăng và nguồn lực tài chính và kỹ năng hạn chế. Việc kết hợp các mục tiêu xử lý nước với các mục tiêu của kinh tế sinh học được xem là một giải pháp nhằm vượt qua những thách thức này và tạo ra một ngành công nghiệp mới. Nhà máy sinh học nước thải (WWBR) được coi là một phần của sự kết hợp này.

4.5.1. Sản xuất nhựa từ nước thải

Nghiên cứu đang chứng minh làm thế nào cacbon hữu cơ có trong nước thải sinh hoạt có thể được chuyển đổi bằng cách nuôi cấy hỗn hợp vi sinh vật thành nhựa sinh học PHA. Một quy trình nhà máy xử lý sinh học quy mô thí điểm đã được vận hành trong hơn 22 tháng tại Nhà máy xử lý nước thải (WWTP) phía Bắc Brussels để đánh giá sản xuất PHA, kết hợp với các dịch vụ quản lý nước thải và bùn thải đô thị.

4.5.2. Tế bào điện phân vi sinh vật: Sản xuất điện từ nước thải

Về mặt lý thuyết, các tế bào điện phân vi sinh vật (MECs) có khả năng chuyển đổi bất kỳ chất thải phân hủy sinh học nào thành H₂, nhiên liệu sinh học và các sản phẩm giá trị gia tăng khác. Kể từ phát minh vào năm 2005, tỷ lệ và sản lượng sản xuất H₂ đã tăng lên nhiều cấp. Tuy nhiên, vẫn còn đó những thách thức cần phải được giải quyết để MEC có thể được áp dụng trong các hệ thống quy mô lớn.

Trên lý thuyết, việc tích hợp công nghệ MEC vào xử lý sinh học lignocellulose là khả thi. Các nhà máy sinh học này tạo ra một lượng lớn nước thải có chứa các chất hữu cơ có khả năng phân hủy sinh học, có thể được sử dụng trong MEC để sản xuất năng lượng bổ sung, nhờ đó góp phần vào việc phát triển tính bền vững của quá trình xử lý sinh học xenlulo và việc sử dụng phân tầng sinh khối.

5. Hiệu suất tài nguyên trong CBE

Hiệu quả tài nguyên như một mục tiêu phù hợp với kinh tế sinh học, với sự nhấn mạnh đáng kể mà chính sách kinh tế sinh học đặt vào tính bền vững. Hiệu quả tài nguyên rất phổ biến trong công nghiệp. Tuy nhiên, do nhiều lĩnh vực đang được thúc đẩy bởi hành động kinh doanh để nghiên cứu và cải thiện tính bền vững của hoạt động, sản phẩm và dịch vụ của họ, liên kết này sẽ liên tục được tham chiếu - liên kết giữa hiệu quả tài nguyên và tính bền vững.

Trong số 17 Mục tiêu phát triển bền vững (SDGs), 12 mục tiêu phụ thuộc trực tiếp vào quản lý bền vững tổng thể các tài nguyên thiên nhiên trong nền kinh tế (UNEP, 2016). Ở châu Âu, hiệu quả tài nguyên đã giành được ưu tiên chính sách thông qua việc đưa nó trở thành một trong những trụ cột chính của chiến lược Châu Âu 2020.

Khía cạnh hiệu quả tài nguyên trong kinh tế sinh học khác với hầu hết các trường hợp cụ thể trong công nghiệp là khả năng định giá chất thải, thay vì tái chế tài nguyên cuối vòng đời. Rõ ràng có nhiều cơ hội để biến khối lượng lớn chất thải thành nguyên liệu mà nếu không sẽ bị loại bỏ.

5.1. Khái niệm hiệu suất tài nguyên

Giống như tính bền vững sinh khối, hiệu suất tài nguyên là một thuật ngữ bổ sung để đo lường. Ở Ủy ban châu Âu (EU), thuật ngữ này đã được tóm tắt đơn giản như sau: “*Hiệu suất tài nguyên có nghĩa là sử dụng các nguồn lực hạn chế của Trái đất một cách bền vững trong khi giảm thiểu tác động đến môi trường*”. Đó là một định nghĩa khó nắm bắt khi “*Phát triển bền vững là thách thức lớn nhất, phức tạp nhất mà loài người từng phải đối mặt*”. Tình hình còn trở nên phức tạp hơn khi các mối tương tác giữa sử dụng tài nguyên thiên nhiên toàn cầu, hiệu suất tài nguyên, tăng trưởng kinh tế và phát thải GHG chưa được nghiên cứu rõ ràng. Theo OECD, hiệu suất tài nguyên là lĩnh vực ưu tiên hàng đầu của Chương trình Môi trường Liên Hợp Quốc.

Về mặt hiệu suất tài nguyên, hiệu suất có thể được xem là tỷ lệ giữa ảnh hưởng dự kiến (lợi ích) và tác động môi trường. Hiệu suất tài nguyên nhờ đó có thể được

cải thiện bằng cách giảm lượng tài nguyên được sử dụng để sản xuất đầu ra hoặc bằng cách giảm tác động môi trường liên quan đến đầu ra. Khái niệm hiệu suất tài nguyên đã trở nên phổ biến với cả các nhà hoạch định chính sách và khu vực tư nhân vì đây là một cách tiếp cận đầy hứa hẹn để đồng thời giảm tác động môi trường và tăng hiệu quả kinh tế. Trong điều kiện thực tế, những lợi ích của nó là rõ ràng khi chi phí vật liệu và năng lượng chiếm khoảng 50% chi phí hoạt động của các doanh nghiệp vừa và nhỏ.

Với tính chất hữu hạn của nhiều tài nguyên thiên nhiên, hiệu suất tài nguyên có nghĩa là tạo ra giá trị lớn hơn với ít tài nguyên đầu vào hơn. Chính sách trong lĩnh vực này nên xem xét nguy cơ cạn kiệt tài nguyên và nguy cơ cạn kiệt tài nguyên tương đối, đang làm gia tăng chi phí sản xuất. Năng lượng có thể được bao gồm vì những cải tiến lớn về hiệu quả năng lượng của nhiều thiết bị gia dụng và phương tiện giao thông đã được thực hiện.

Để xác định phạm vi hiệu suất tài nguyên, nó cần được áp dụng cho tất cả các bước của vòng đời sản phẩm; mục tiêu đổi mới sinh thái nên được áp dụng vào thiết kế sản phẩm, cả sản xuất và tiêu dùng cần phải thông minh hơn, tái chế và giảm chất thải cần được hỗ trợ trong chính sách để loại bỏ hoàn toàn chất thải. Hiệu suất tài nguyên phải được coi là một trụ cột của các khái niệm và hành động kinh tế tuần hoàn. Nó là yếu tố dẫn đầu trong việc phát triển kinh tế sinh học bền vững.

5.2. Hiệu suất tài nguyên trong công nghiệp

Với mục tiêu tăng hiệu quả kinh tế đồng thời giảm tác động môi trường, không có gì ngạc nhiên khi phương pháp tiếp cận hiệu suất tài nguyên đã trở nên phổ biến trong các ngành công nghiệp.

Thông điệp dành cho các nhà hoạch định chính sách ở đây là hiệu suất tài nguyên đang được thực hiện một cách nghiêm túc xuyên suốt các ngành công nghiệp, tuy nhiên, nhiều nhà hoạch định chính sách đang phải đương đầu với việc thiếu một phương pháp luận tiêu chuẩn hóa. Nếu vấn đề này không được giải quyết, sẽ không thể đi đến kết luận trong cùng một ngành và giữa các ngành khác nhau. Ảnh hưởng dễ nhận biết có thể kể đến là:

- Nhiều nhóm ngành đang đề xuất các phương pháp và số liệu mới để đo lường hiệu suất tài nguyên. Tuy nhiên, điều này càng dễ xảy ra thì khả năng tiêu chuẩn hóa càng trở nên xa vời.

- Đánh giá đúng đắn về động lực hướng tới hiệu suất tài nguyên sẽ bị hạn chế bởi sự thiếu chắc chắn, khiến việc thiết lập và triển khai các hành động chính sách trong tương lai sẽ trở nên khó khăn hơn.

- Các ngành công nghiệp có khả năng “tự thực hiện” khi các mục tiêu pháp lý được đáp ứng nhưng lại thiếu các phương pháp chuẩn hóa
- Khả năng hỗ trợ mục tiêu đối với các lĩnh vực hàng đầu hoặc tụt hậu là không thể.
- Chiến lược tiếp thị Greenwashing (“nhuộm xanh”) là một khả năng khác biệt.’

5.3. Hướng tới đánh giá hiệu suất tài nguyên trong CBE

Các phương pháp đánh giá hiệu suất tài nguyên ngày một nhiều trong khi tiêu chuẩn hóa đã vượt quá khả năng. Phân tích Dòng Vật chất và Năng lượng cung cấp thông tin liên quan đến tác động môi trường của sản phẩm, quy trình hoặc cấp độ hệ thống kết hợp cũng như các khía cạnh tính toán. Một phương pháp được thiết lập bắt nguồn từ sản xuất tinh gọn là Sơ đồ chuỗi giá trị (Value Stream Mapping-VSM) phân tích một cách có hệ thống các chuỗi quy trình nhằm phản ánh sự không hiệu quả liên quan đến thời gian, trữ lượng và chất lượng. Các phiên bản mở rộng cũng kết hợp các khía cạnh xa hơn như nhu cầu năng lượng của các quy trình và dịch vụ hỗ trợ (Energy VSM/EVSM).

Nhược điểm là tất cả các phương pháp tiếp cận này là các phương thức độc lập thường được thực hiện riêng lẻ cho một mục đích cụ thể. Vì vậy, mỗi phương pháp sử dụng dữ liệu khác nhau và Các Chỉ số Hiệu suất Chính khác nhau (KPIs) làm hạn chế sự so sánh của các kết quả tương ứng. Trên thực tế, vẫn chưa có nghiên cứu về đánh giá và các chỉ số của nền kinh tế tuần hoàn. Sản xuất trên cơ sở sinh học đòi hỏi một cách tiếp cận khác do tính chất rất khác nhau của các nguyên liệu.

Về cơ bản, CBE khác với các nền kinh tế đã được thiết lập trước đó, thường là các ngành công nghiệp phụ thuộc vào nguồn tài nguyên hóa thạch. Trước hết, sản xuất sinh học non trẻ vừa đặt ra những thách thức vừa mở ra cơ hội. Thách thức nằm ở những vấn đề chưa được làm rõ xung quanh tính bền vững sinh khối và chuỗi cung ứng và giá trị phân mảnh và chưa được thử nghiệm. Ngoài ra, sản xuất sinh học không bị giới hạn trong một ngành công nghiệp duy nhất; nó được áp dụng trên nhiều ngành công nghiệp lớn nhất, quan trọng nhất như ô tô, hóa chất, nhựa, dệt may và thực phẩm. Vì các ngành công nghiệp này không đạt được sự đồng nhất về các phương pháp đo lường hiệu suất tài nguyên, nên đây có thể là số phận của sản xuất sinh học.

Tuy nhiên, cơ hội quan trọng hơn cả nằm ở cơ hội xây dựng khung hiệu suất tài nguyên từ những ngày đầu tiên này. Tính bền vững và hiệu suất tài nguyên phải được đặt lên trên mô hình kinh doanh hoặc “cách thức làm việc” được thiết lập hiệu

quả. Do đó, hiệu suất tài nguyên phải được thực hiện sao cho phù hợp. Trong CBE, có thể điều chỉnh phù hợp hiệu suất tài nguyên thay vì phải bổ sung thêm.

Tuy nhiên, nghiên cứu trước đây cho thấy đã từng tồn tại những vấn đề tương tự đối với sản xuất sinh học như đối với các ngành công nghiệp đã được hình thành trước đó, đặc biệt là liên quan đến sinh khối - nguyên liệu thiết yếu. Các tiêu chí và kế hoạch về tính bền vững đối với nhiên liệu sinh học lỏng được đề ra nhưng không thể khẳng định tình hình hiện tại là lý tưởng; vào năm 2012, UNICA đã mô tả các tiêu chí bền vững cho năng lượng sinh học là “một vũ trụ mở rộng không ngừng”.

Tiêu chí cho sinh khối rắn vẫn được phát triển và thống nhất. Lời nói đầu của một tài liệu so sánh các chương trình bền vững quốc gia đối với trạng thái sinh khối rắn ở EU là: “*Không có tiêu chí bền vững hài hòa nào cho năng lượng sinh học hoặc nguồn cung ứng sinh khối trên toàn EU*”. Tài liệu cũng nhấn mạnh nhận thức rằng nếu các quốc gia thành viên sử dụng lượng sinh khối được chỉ ra trong các kế hoạch năng lượng tái tạo của họ, thì riêng lượng gỗ sử dụng để sản xuất năng lượng sẽ tương đương với tổng sản lượng gỗ thu hoạch của EU ngày nay.

5.3.1. Số đo và chỉ số đánh giá

Đo lường tính tuần hoàn

Hiệu suất tài nguyên khi được áp dụng cho CBE cần tham chiếu năm giai đoạn chính của mô hình nền kinh tế tuần hoàn. Những điều này liên quan đến logic vòng khép kín của nền kinh tế tuần hoàn:

1. Nguyên liệu đầu vào
2. Thiết kế
3. Sản xuất
4. Tiêu thụ
5. Kết thúc vòng đời sản phẩm.

Các giai đoạn này bao gồm các quá trình có hiệu suất cần được đánh giá để ước lượng mức độ tuần hoàn của toàn bộ hệ thống trong phân tích. Hộp 2 cho thấy các hành động được đề xuất để đánh giá tính tuần hoàn.

Hộp 2. Các hành động cần thiết để định lượng hiệu suất của các sản phẩm và hệ thống tuần hoàn

1. *Thiết kế và sản xuất sản phẩm tuần hoàn: có thể bao gồm một số hành động trong danh mục này bắt đầu từ các phương pháp thiết kế sinh thái được định hướng để tạo thuận lợi cho việc tái sử dụng, làm mới và tái chế sản phẩm, thiết kế các sản phẩm và quy trình bằng các chất liệu ít độc hại hơn.*

Nguyên tắc hoạt động của sản xuất sinh học là chúng phải có các đặc tính về hiệu

suất tương tự, giống hệt hoặc tốt hơn so với các sản phẩm có nguồn gốc hóa thạch mà chúng thay thế, nhưng quan trọng nhất vẫn là phải giảm thiểu đáng kể lượng phát thải (nhìn chung, những cấp độ này vẫn chưa được chuẩn hóa). Sau này, có thể có vật liệu ít độc tính hơn và khả năng phân hủy sinh học lớn hơn. Ngoài ra, nhựa sinh học có tính bền vững, không phân hủy sinh học cô lập cacbon trong thời gian dài hơn.

2. Mô hình kinh doanh: danh mục này chủ yếu bao gồm việc phổ biến các mô hình mới, chẳng hạn như hệ thống dịch vụ sản phẩm thay vì quyền sở hữu sản phẩm hoặc công cụ tiêu dùng chia sẻ dựa trên sự phổ biến rộng rãi hơn các kênh từ người tiêu dùng đến người tiêu dùng.

Việc dự tính trong sản xuất sinh học khó khăn hơn vì mô hình mang tính quan hệ doanh nghiệp - doanh nghiệp cao hơn, và ít mang tính doanh nghiệp - khách hàng hơn. Đây cũng là đặc tính cố hữu tồn tại trong ngành hóa chất. Một sản phẩm sinh học thường sẽ là một phần của sản phẩm chứ không phải toàn bộ sản phẩm, ví dụ như nhựa sinh học là một thành phần trong sản phẩm là thiết bị điện thoại. Trong khi đó, có những sản phẩm khác có đặc điểm rõ ràng hơn, ví dụ như sản phẩm làm sạch thân thiện với môi trường.

3. Kỹ năng phân tầng/ngịch đảo: về cơ bản, các can thiệp tập trung vào hỗ trợ các chu trình vòng khép kín, ví dụ: với các công nghệ tiên tiến phục vụ tái chế chất lượng cao, cho phép hạn chế tình trạng xuống cấp hoặc sử dụng vật liệu phân tầng mà việc tái chế chất lượng cao là không khả thi. Cần thiết phải hỗ trợ hiệu quả hơn cho thị trường nguyên liệu thứ cấp.

Đây sẽ là một thế mạnh lớn của nền kinh tế sinh học nhưng việc sử dụng phân tầng sinh khối vẫn chưa được hỗ trợ mạnh mẽ về chính sách. Hành động này là hoàn toàn cần thiết cho CBE trong tương lai, khi đó, các dạng sinh khối khác nhau phải được coi là nguyên liệu thô thứ cấp chứ không phải là phế liệu.

4. Hợp tác liên chu kỳ và liên ngành: các hành động trong hạng mục này tập trung vào việc xây dựng hợp tác xuyên suốt chuỗi giá trị mới, cũng thông qua sự tham gia của các tác nhân mới, ngăn sản phẩm phụ trở thành phế thải thông qua sự cộng sinh công nghiệp hiệu quả.

Đây là một thành phần mới và quan trọng của chuỗi giá trị trong nền kinh tế sinh học, chưa được thử nghiệm và thường bị phân mảnh. Khái niệm sản xuất, thu gom và vận chuyển sinh khối tại địa phương đến các cơ sở sản xuất sinh học, cùng với việc tiêu thụ và tái sử dụng sản phẩm tại địa phương, xác định tính tuần hoàn thường không thể thực hiện được đối với các sản phẩm có nguồn gốc hóa thạch, trong đó, nguyên liệu thô, chủ yếu là dầu, có thể được vận chuyển hàng ngàn km đến các nhà máy sản xuất. Thách thức lớn trong tương lai gần là việc xây dựng các công ty và tạo ra các hệ sinh thái công nghiệp nơi các sản phẩm hóa thạch là những sản phẩm đi trước và chi phí cạnh tranh.

Ở cấp độ sản phẩm riêng lẻ, cần phải đánh giá các yếu tố sau đây đối với sản phẩm CBE:

- Giảm đầu vào và sử dụng tài nguyên thiên nhiên (nguồn gốc hóa thạch, không tái tạo)

- Giảm mức phát thải, cả trực tiếp (đặc biệt là giảm thiểu phát thải do thu hồi và cô lập cacbon gốc sinh học) và gián tiếp (ví dụ: giảm năng lượng hóa thạch chính được sử dụng trong sản xuất)

- Giảm thiểu lãng phí vật liệu thông qua các quy trình vòng kín, ví dụ: hạn chế chôn lấp hoặc đốt chất thải

- Tăng tỷ lệ tài nguyên gốc sinh học (chủ yếu là sinh khối và xử lý sinh học) và tài nguyên tái tạo (năng lượng gió, thủy điện hoặc năng lượng mặt trời trong quá trình sản xuất)

- Tăng độ bền của sản phẩm khi thích hợp.

6.3.2. *Hiệu suất tài nguyên dựa trên sinh học khác với các phương pháp tiếp cận khác như thế nào?*

Đây là một câu hỏi quan trọng vì có hai yếu tố khá khác biệt cần được xem xét. Huysveld và cộng sự (2015) phân biệt chúng là hiệu suất tài nguyên ở cấp độ cây trồng (1) và ở cấp độ sản phẩm dựa trên sinh học (2). Nếu sản xuất dựa trên tài nguyên hóa thạch, “cấp độ cây trồng” sẽ tương đương với “cấp độ nguyên liệu hóa thạch”, và sẽ không phù hợp ... Đối với sản xuất sinh học, nguyên liệu không nhất thiết phải là cây trồng. Tuy nhiên, thường sẽ là một loại cây lương thực hoặc phi lương thực.

Ở “cấp độ sản phẩm dựa trên sinh học”, phép đo hiệu suất tài nguyên sẽ trở nên quen thuộc hơn nhiều vì nó mang dấu hiệu tương tự với hiệu suất tài nguyên trong các ngành khác, ví dụ: yếu tố quá trình sản xuất. Thật sai lầm khi mặc định rằng sản xuất sinh học thân thiện với môi trường hơn so với sản xuất gốc hóa thạch. Các quy trình sinh học được biết đến là không hiệu quả về độ chuẩn, nhưng cũng có thể không hiệu quả về năng suất và sản lượng. Những sự thiếu hiệu quả này có thể phải trả giá bằng việc phải sử dụng thêm các nguồn tài nguyên khác, như đất, nước và chất dinh dưỡng, và các tác động môi trường liên quan, chẳng hạn như phú dưỡng.

Vì vậy, chỉ số đánh giá hiệu suất tài nguyên hữu ích để tối ưu hóa các quy trình do con người kiểm soát cần phân biệt giữa sự thiếu hiệu quả tự nhiên vốn có, ví dụ: vốn có đối với các quá trình sinh học và công nghệ sinh học, và sự thiếu hiệu quả có thể được giải quyết bằng sự can thiệp của con người.

Những tiêu chí được sử dụng để đánh giá bền vững sinh khối?

Tính bền vững và tiềm năng sinh khối rắn rất cần thiết để đạt được hiệu quả sử dụng đất. Trọng tâm của việc tạo ra các tiêu chí cho tính bền vững sinh khối rắn là chất lượng và số lượng của các chỉ số được sử dụng trong nguồn gốc của chúng.

Sáng kiến Báo cáo Toàn cầu (GRI) đã trích dẫn 36 chỉ số có liên quan đến tính bền vững. Danh sách 24 chỉ số bền vững đã được Hiệp hội Đối tác Sinh khối Toàn cầu (GBEP) đề xuất. Tuy nhiên, đối với những nỗ lực trong việc duy trì tính hài hòa quốc tế, chỉ cần một vài chỉ số quan trọng, nếu không thì nhiệm vụ trở nên thật sự khó khăn.

Tính hài hòa quốc tế không chỉ đòi hỏi sự phân tích mạnh mẽ, mà cả sự đồng thuận, và sự đồng thuận thì khó đạt được hơn. Kinh nghiệm của van Dam và Junginger có thể minh họa cho điều này. Dựa trên các câu trả lời cho một bảng hỏi gửi cho các bên liên quan quốc tế từ 25 nước châu Âu và 9 quốc gia ngoài châu Âu, những người được hỏi đánh giá ba tiêu chí bền vững sau đây với điểm số cao nhất về mức độ phù hợp để đưa vào hệ thống chứng nhận sinh khối và năng lượng sinh học:

1. Giảm thiểu phát thải GHG
2. Tối ưu hóa sự cân bằng năng lượng
3. Bảo vệ chất lượng và khối lượng nước.

Kết quả cho thấy chỉ Giảm thiểu phát thải GHG là tiêu chí duy nhất đạt được sự thống nhất. Sự thiếu thống nhất này là một trong những yếu tố chính gây ra sự khác biệt lớn trong đánh giá tiềm năng sinh khối. Trong tương lai lâu dài, việc giám sát tiềm năng sinh khối sẽ cho phép đánh giá tài nguyên với dữ liệu chất lượng. Cơ sở dữ liệu này sẽ là công cụ để ra quyết định vì chính sách kinh tế sinh học được xây dựng theo thời gian.

5.3.2. Công cụ đánh giá

Công cụ phổ biến nhất cho các phép đo này là Phân tích Vòng đời (LCA). LCA không liên quan đến các tiêu chí tài chính và xã hội, vì thế, chưa tối ưu để đánh giá tính bền vững sinh khối. Hơn nữa, một số nghiên cứu đã chỉ trích sự thay đổi trong kết quả được công bố khi LCA được sử dụng để đánh giá chuỗi giá trị sinh khối và kinh tế sinh học. Cristóbal và cộng sự (2016) đã gán sự thay đổi này cho các giả định về phương pháp, cụ thể là phân bổ ranh giới hệ thống, đơn vị chức năng, thu hồi năng lượng, phát thải carbon và phương pháp lưu trữ. Sự khác biệt về thuật ngữ và các phương pháp trình bày kết quả khác nhau kết hợp các vấn đề dẫn đến sự thay đổi.

Ngược lại, khi các công cụ khác như Chỉ số hành tinh sống, Chỉ số phát triển thành phố, Chỉ số phát triển con người và Chỉ số hiệu suất môi trường được áp dụng, chúng không đáp ứng các yêu cầu khoa học để hình thành chỉ số: chuẩn hóa, trọng số, tổng hợp. Không có một công cụ đánh giá nào phù hợp với nhu cầu bền vững

sinh khối. Khi kết hợp lại với nhau, tất cả những vấn đề này nói lên sự cần thiết phải hài hòa về phương pháp và sự gắn kết để đo lường tính bền vững của chuỗi giá trị sinh khối và kinh tế sinh học.

Tổng hợp các vấn đề tính bền vững thành một phép đo duy nhất đòi hỏi sự đánh đổi phức tạp giữa, ví dụ, kilôgam khí thải cacbon dioxide và điều kiện lao động. Sử dụng thông tin về giá được chấp nhận bởi các nhà hoạch định chính sách và thị trường. Nhưng đặt các giá trị tiền tệ vào chi phí và lợi ích xã hội và đạo đức là vấn đề gây tranh cãi. Sự khác biệt giữa các nước phát triển và đang phát triển đòi hỏi phải xem xét và xử lý một cách cẩn trọng.

Hộp 3. Phương pháp tiếp cận Năng suất các nhân tố tổng hợp (TFP) đối với tính bền vững sinh khối

Đây là một cách tiếp cận chỉ số để đánh giá tính bền vững của các chuỗi sản xuất sinh khối dựa trên khái niệm TFP đã được sử dụng thường xuyên trong nông nghiệp. Ý tưởng chung của TFP là nó phản ánh tốc độ chuyển đổi các yếu tố đầu vào (vốn, lao động, vật liệu, năng lượng và dịch vụ) thành đầu ra (trừ lượng sinh khối), trong đó, các yếu tố xã hội và sinh thái tiêu cực liên quan đến các vấn đề phát triển bền vững khác nhau được xếp vào loại đầu ra “xấu”.

Lấy ví dụ, đầu ra của một hệ thống sản xuất đậu nành bao gồm dầu đậu nành và bột đậu nành; đầu vào của hệ thống đậu nành có thể gồm đất, hạt giống, lực lượng lao động, thuốc trừ sâu và nhiên liệu hóa thạch. Việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch dẫn đến phát thải một lượng lớn khí GHG độc hại vào bầu khí quyển, góp phần làm nghiêm trọng thêm tình trạng biến đổi khí hậu toàn cầu (sản phẩm cuối cùng này được coi là đầu ra xấu của hệ thống sản xuất đậu nành). Việc định lượng đầu ra và đầu vào cần thiết cho chỉ số có thể thu được một phần từ phân tích LCA. Chỉ số TFP đưa phân tích LCA tiến thêm một bước, trong đó, nó hợp nhất một số vấn đề bền vững thành một thước đo duy nhất về tính bền vững. Dựa vào chỉ số TFP, có thể kết hợp và so sánh các vấn đề bền vững ảnh hưởng đến phúc lợi của con người ở các quy mô không gian và thời gian khác nhau. Do đó, chuỗi sinh khối có hiệu suất bền vững tốt nhất, tức là điểm TFP cao nhất, là chuỗi tạo ra tỷ lệ đầu ra cao nhất so với đầu vào, trong đó, đầu ra xấu làm giảm hiệu suất bền vững. Ngoài ra, có thể so sánh những chuỗi phức tạp với các bộ đầu ra và đầu vào khác nhau bằng cách sử dụng chỉ số TFP.

Để sử dụng chỉ số TFP, nhiều biến đầu vào - đầu ra phải được thể hiện bằng một mẫu số chung. Giải pháp được đề ra là sử dụng mức giá phản ánh tầm quan trọng tương đối của các biến đầu vào và đầu ra đối với tính bền vững.

5.4. Nền kinh tế sinh học hiệu suất tài nguyên: vai trò của việc sử dụng phân tầng sinh khối

Trong một nền kinh tế tuần hoàn, sử dụng nhiều nguồn tài nguyên tái tạo, với một số tái sử dụng và chu kỳ tái chế, nên được khuyến khích khi thích hợp. Các vật liệu dựa trên sinh học, chẳng hạn như gỗ, có thể được sử dụng theo nhiều cách, và việc tái sử dụng và tái chế có thể diễn ra nhiều lần. Điều này đi cùng với việc áp dụng hệ thống phân cấp chất thải và, nói chung, các tùy chọn dẫn đến kết quả môi trường tổng thể tốt nhất... Lĩnh vực dựa trên sinh học cũng cho thấy tiềm năng đổi mới của nó trong các vật liệu, hóa chất và quy trình mới, có thể là một phần không

thể thiếu của nền kinh tế tuần hoàn. Nhận ra tiềm năng này phụ thuộc vào đầu tư vào các nhà máy lọc sinh học tích hợp, có khả năng xử lý sinh khối và chất thải sinh học cho các mục đích sử dụng khác nhau.

5.4.1. Khái niệm sử dụng phân tầng sinh khối

Mặc dù chưa có một định nghĩa chính thức được thông nhất bởi cộng đồng quốc tế, trong khái niệm sử dụng phân tầng sinh khối, sinh khối được khai thác trước tiên cho các sản phẩm có giá trị gia tăng cao hơn trước khi sử dụng các vật liệu còn lại làm nguồn năng lượng. Giá trị gia tăng ở đây có thể là tài chính, nhưng cũng có thể là môi trường và xã hội. Lấy ví dụ, việc sản xuất đồ nội thất từ gỗ cô lập cacbon trong thời gian dài có thể làm tăng giá trị gia tăng về môi trường của gỗ. Việc này cũng có giá trị kinh tế cao hơn so với đốt gỗ để sản xuất điện và sản xuất đồ nội thất cũng sẽ sử dụng nhiều lao động có tay nghề cao hơn. Trong khái niệm sử dụng phân tầng, mọi sinh khối còn lại sau quá trình sản xuất đồ gỗ nội thất sau đó được sử dụng cho mục đích năng lượng sinh học, từ đó tối đa hóa hiệu quả sử dụng sinh khối. Điều này phù hợp với thành phần hiệu suất tài nguyên của khái niệm nền kinh tế tuần hoàn.

Khía cạnh bổ sung quan trọng của việc sử dụng phân tầng đối với chính sách trong tương lai là sự tương tác với các chuỗi giá trị khác nhau. Ví dụ, lignocellulose sử dụng làm vật liệu (như ván sợi), sau đó, sử dụng hóa chất trong ngành công nghiệp giấy và bột giấy; các sợi còn lại có thể được đốt để lấy năng lượng.

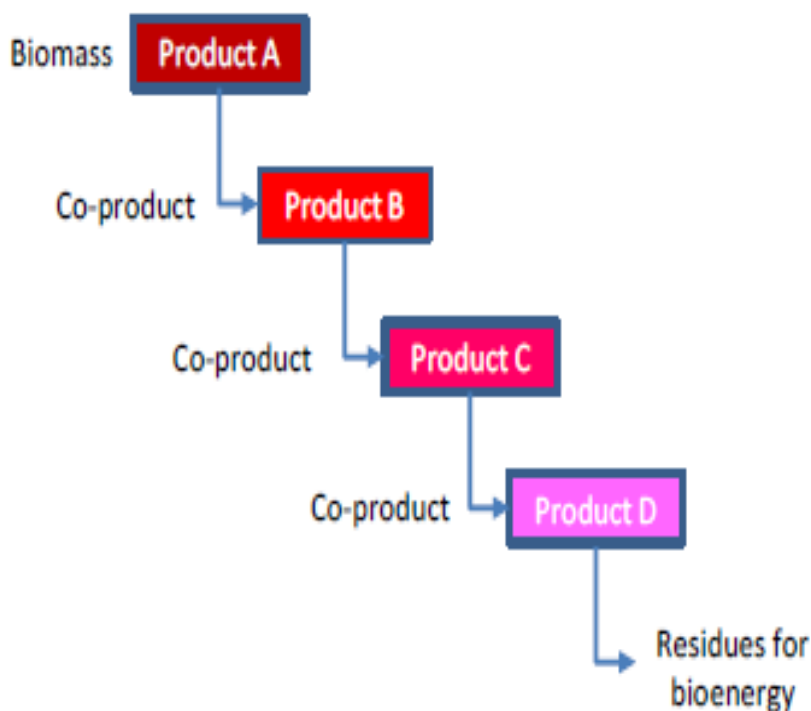
Một tỷ lệ lớn tăng trưởng thương mại toàn cầu viên nén gỗ hiện nay đang dành cho lĩnh vực sản xuất năng lượng sinh học, tức là đốt viên nén để tạo ra điện và/hoặc nhiệt. Sử dụng sinh khối theo cách này sẽ bỏ qua giá trị gia tăng có thể thu được từ sinh khối mà tập trung vào dạng năng lượng. Ngoài ra, tạo việc làm cho các ứng dụng năng lượng sinh học bị hạn chế so với sản xuất sinh học. Lý do chính cho việc sử dụng viên nén gỗ trong các ứng dụng năng lượng sinh học là để các quốc gia đáp ứng các yêu cầu khí hậu. Ở châu Âu, sản xuất năng lượng sinh học đang được triển khai ở quy mô lớn: đến năm 2020 khoảng 10% nhu cầu năng lượng sơ cấp của EU có thể đến từ sinh khối. Tuy nhiên, nhiều tranh luận đang diễn ra về việc giảm phát thải GHG thực tế đạt được theo cách này.

Các mục tiêu của sản xuất năng lượng sinh học ít nhất là gấp đôi so với mức sử dụng nguyên liệu thực vật của con người trên toàn cầu hiện nay, việc sản xuất này đã đòi hỏi sử dụng khoảng 75% diện tích đất trồng cây và hơn 70% lượng nước tưới tiêu. Tuy nhiên, đốt sinh khối để cung cấp năng lượng làm tăng lượng cacbon trong không khí giống như đốt than, dầu hoặc khí đốt nếu việc thu hoạch sinh khối làm

giảm lượng cacbon lưu trữ trong thực vật và đất, hoặc làm giảm khả năng cô lập cacbon, thậm chí dẫn đến những hậu quả bất lợi.

Nói cách khác, giả định rằng quá trình đốt sinh khối là trung tính cacbon, bất kể nguồn cacbon hữu cơ nào, có thể là thiếu sót nếu tính toán bỏ qua CO₂ được giải phóng bằng cách đốt cháy sinh khối.

Figure 7. Schematic representation of cascading use of biomass.



Trong nền kinh tế tuần hoàn, khái niệm phân tầng thường được nhắc đến và có thể hiểu là một khái niệm trung tâm của tính tuần hoàn.

5.4.2. Sử dụng phân tầng liên quan đến các mục tiêu chính sách kinh tế tuần hoàn như thế nào?

Tiềm năng tạo ra giá trị của quy tắc phân tầng được bắt nguồn từ chi phí cận biên thấp hơn việc tái sử dụng vật liệu theo phân tầng thay thế cho nguồn nguyên liệu nguyên thủy và chi phí trực tiếp (nhân công, năng lượng, vật liệu). Tuy nhiên, về mặt kinh tế, điều này không thực sự rõ ràng. Trong thời điểm giá dầu thấp, chi phí sản xuất nhựa nguyên gốc có thể thấp hơn quy trình tái chế, vì quá trình làm sạch và chuẩn bị nhựa đã qua sử dụng đòi hỏi thêm đầu vào bao gồm nhân công lao động, năng lượng và nước. Trong trường hợp không có cải cách trợ cấp nhiên liệu hóa thạch và định giá cacbon rõ ràng, các yếu tố này có thể ảnh hưởng lớn đến ý

nghĩa kinh tế của việc sử dụng phân tầng một số vật liệu trong từng trường hợp cụ thể.

Một trường hợp rõ ràng hơn về sử dụng phân tầng là ngành dệt may với các vật liệu có nguồn gốc hóa thạch hoặc nhiên liệu sinh học. Các vật liệu sử dụng trong ngành dệt may có thể được tái sử dụng nhiều lần. Tái sử dụng vải trong điều kiện tối ưu, chi phí thấp và tiết kiệm. Có nhiều mô hình hoạt động, từ quyên góp, trao đổi quần áo đến các hoạt động bán lại thương mại quy mô nhỏ và quy mô lớn được tổ chức.

Việc sử dụng phân tầng sinh khối theo thuật ngữ thị trường diễn ra hoàn toàn khác, vì nó đề cập thường xuyên đến lĩnh vực sơ cấp chứ không phải là lĩnh vực thứ cấp (sản xuất và công nghiệp).

6. Cân nhắc chính sách

Về mặt chính trị, vai trò của nền kinh tế tuần hoàn đang dần trở nên quan trọng hơn khi những thách thức lớn cho tương lai gắn liền với xã hội. Liên quan đến việc tái sử dụng, tái sản xuất và tái chế, các khía cạnh chính sách của tính tuần hoàn vượt qua nhiều ranh giới - chẳng hạn như thương mại, thuế, chính sách môi trường, công nghiệp, chính sách đổi mới. Kinh tế sinh học là một vấn đề chính sách như vậy, bao gồm các bên liên quan khác như nông dân và người trồng rừng. Vì vậy, khái niệm kinh tế sinh học tuần hoàn trở nên phức tạp hơn đối với các nhà hoạch định chính sách. Chú trọng vào chất thải làm nguyên liệu, và ý tưởng nâng cao giá trị gia tăng là ưu tiên cao cho khát vọng của nền kinh tế sinh học.

Xử lý sinh học chất thải là sự kết hợp của quá trình ủ và phân hủy kỵ khí truyền thống với xử lý sinh học xenlulo hiện đại. Điều này khiến cho việc tìm ra một cơ chế chính sách duy nhất phù hợp để bao quát toàn bộ chủ đề là rất khó, mặc dù, các thuật ngữ về tuần hoàn và tính bền vững rõ ràng là các chủ đề phổ biến. Ví dụ, nhu cầu về R&D thượng nguồn đối với sản xuất phân bón ít hơn so với xử lý sinh học xenlulo. Tương tự, quan hệ đối tác công - tư đối với ủ phân công nghiệp ít liên quan hơn vì những rủi ro liên quan đến đầu tư tư nhân thấp hơn, với kinh nghiệm hàng thế kỷ trong kỹ thuật ủ phân.

Tuy nhiên, một số “công cụ” có thể được áp dụng cho các công nghệ truyền thống có khả năng giúp cải thiện khả năng dự đoán và hiệu suất. Đặc biệt, những tiến bộ gần đây trong hệ gen học và ngành học mới về sinh học kỹ thuật có thể mở ra con đường mới về nghiên cứu và khám phá.

Các cân nhắc chính sách ở đây là sự kết hợp giữa xem xét chung và cụ thể. Xem xét chung có xu hướng nhắm vào những tác động lớn hơn xung quanh tính bền vững và tạo ra quan điểm và tương lai tuần hoàn cho xã hội. Đối với các vấn đề cụ thể, người ta sẽ xem xét cụ thể hơn, ví dụ: nhu cầu tiếp tục thực hiện R&D trong xử lý sinh học hợp nhất.

6.1. Làm rõ các định nghĩa và thuật ngữ

Sự phát triển của các định nghĩa chung sẽ cho phép thu thập dữ liệu hiệu quả hơn. Điều này sẽ giúp giải quyết vấn đề so sánh giữa các nguồn dữ liệu khác nhau được đề cập ở trên.

Nhà máy sinh học: Cơ quan Năng lượng Quốc tế mô tả nhà máy xử lý sinh học là “quá trình xử lý sinh khối bền vững thành một loạt các sản phẩm có thể bán được (thực phẩm, thức ăn gia súc, nguyên liệu, hóa chất) và năng lượng (nhiên liệu, điện, nhiệt)”. Định nghĩa này gợi ý rằng các nhà máy xử lý sinh học nên sản xuất cả các sản phẩm năng lượng và phi năng lượng. Cả các sản phẩm sơ cấp và các quy trình dựa trên năng lượng đều được coi là phương pháp tiếp cận xử lý sinh học thực sự với mục tiêu cuối cùng là xử lý sinh khối bền vững.

Kinh tế sinh học: việc chưa có một định nghĩa thống nhất là một trở ngại. Nó phủ nhận đầu vào khoa học, khiến việc xây dựng các cơ sở dữ liệu quốc tế trở nên phức tạp và có thể tạo ra các rào cản thương mại. Khái niệm của OECD đưa ra năm 2009 đã dần trở nên phổ biến. Theo đó, kinh tế sinh học được định nghĩa là “*tập hợp các hoạt động kinh tế trong đó công nghệ sinh học đóng góp chủ yếu vào sản xuất và công nghiệp sơ cấp, đặc biệt là khoa học sự sống tiên tiến được áp dụng để chuyển đổi sinh khối thành vật liệu, hóa chất và nhiên liệu*”. Chính ý nghĩa của việc sử dụng sinh khối, từ khu vực đến toàn cầu, đã mở rộng lĩnh vực kinh tế sinh học vượt ra ngoài những đóng góp của khoa học sự sống.

Chất thải sinh học: hầu hết các số liệu thống kê không phân biệt trọng lượng ướt và khô, do đó việc so sánh là không thể. Điều quan trọng là phải làm rõ định nghĩa chất thải sinh học. Theo Ủy ban Châu Âu: “*Chất thải sinh học được định nghĩa là chất thải trong vườn và công viên có thể phân hủy sinh học, chất thải thực phẩm và chất thải từ nhà bếp của các hộ gia đình, nhà hàng, nhà cung cấp thực phẩm, và chất thải tương tự từ các nhà máy chế biến thực phẩm. Chất thải sinh học không bao gồm dư lượng lâm nghiệp hoặc nông nghiệp, phân chuồng, bùn thải hoặc chất thải phân hủy sinh học khác như vải dệt tự nhiên, giấy hoặc gỗ chế biến. Nó cũng không bao gồm những sản phẩm phụ của quá trình sản xuất thực phẩm vốn không bao giờ được coi là chất thải*”. Loại bỏ các dư lượng lâm nghiệp và nông nghiệp, khối lượng chất thải sinh học được tạo ra sẽ rất khác.

Xử lý chất thải: có thể được thay đổi để cho phép thực hiện việc thu gom, vận chuyển, phân loại theo phương thức chuyển hóa trong các nhà máy sinh học. Nếu một vật liệu được xử lý chuyển hóa trong nhà máy sinh học thì nó không còn được coi là chất thải mà là tài nguyên. Nếu việc này chính thức được thực hiện, sẽ giúp giải quyết được các vấn đề xung quanh quá trình thu gom và vận chuyển chất thải.

Định nghĩa về “*sản phẩm dựa trên sinh học*” và khuôn khổ hài hòa cho các sản phẩm dựa trên sinh học cũng rất cần thiết để làm tiêu chuẩn cho mua sắm công và phát triển kinh doanh. Ủy ban Tiêu chuẩn Châu Âu đã đạt được tiến bộ trong việc xây dựng khung tiêu chuẩn hóa mạch lạc và hài hòa đối với các sản phẩm dựa trên sinh học, tuy nhiên, bên cạnh đó vẫn cần thực hiện truyền bá việc sử dụng các tiêu chuẩn đã được xây dựng nhằm tận dụng tiềm năng thị trường. Quan hệ hợp tác quốc tế này có thể được thiết lập bằng cách trao đổi các Thực tiễn và Kinh nghiệm Tốt nhất để đạt được cách tiếp cận chặt chẽ hơn với các sản phẩm dựa trên sinh học trên toàn cầu. Nếu không, chắc chắn sẽ hình thành những rào cản thương mại.

Việc đánh giá về *tiềm năng cạnh tranh của công nghệ sinh học*, trong đó, đòi hỏi mô hình kinh tế của các công nghệ cạnh tranh là rất cần thiết. Tương lai của giao thông phi cacbon phụ thuộc vào việc sản xuất liệu nhiên liệu sinh học ethanol xenlulo có hiệu quả kinh tế ở quy mô lớn hay không và liệu điều đó có giúp cạnh tranh với xe điện hay không.

Vì nhiều lý do khác nhau, cần có thuật ngữ được tiêu chuẩn hóa trong công nghệ sinh học. Ủy ban Kỹ thuật ISO TC ISO/TC 276 đang xây dựng một kho lưu trữ các thuật ngữ liên quan đến công nghệ sinh học. ASTM đã có tiêu chuẩn về thuật ngữ trong công nghệ sinh học công nghiệp.

Cuối cùng, sự kết hợp của các tác nhân giữa các ngành và từ đó tạo ra các chuỗi giá trị mới bị hạn chế bởi sự khác biệt và thiếu các thuật ngữ và tiêu chuẩn chung. Nói tóm lại, những gì cần là *từ vựng thông thường được thống nhất trong các chuỗi giá trị, từ các nhà cung cấp nguyên liệu đến công nghệ xử lý sinh học đến các chủ thể cuối nguồn trong các lĩnh vực áp dụng*.

6.2. Các công cụ quan trọng nhất trong xử lý sinh học chất thải

Công cụ quốc gia/khu vực quan trọng nhất trong xử lý chất thải sinh học là gì? Quy trình dẫn đến chiến lược cho quốc gia/vùng đặt ra các nguyên liệu có thể, số lượng, tính bền vững của việc sử dụng, nhu cầu cơ sở hạ tầng và thời gian biểu đến thời điểm quyết định cần phải tạo ra sự rõ ràng cho các nhà hoạch định chính sách và khu vực tư nhân. Trên thực tế, điều này dẫn đến một chiến lược hai hướng: trước hết là một lộ trình nhà máy xử lý sinh học (định hướng quyết định), phải được nói

theo bởi một kế hoạch hành động định hướng hỗ trợ. Việc thực hiện từng nội dung liên quan đến việc thiết lập một hội đồng lãnh đạo quốc gia/ khu vực gồm các chủ thể công và tư nhằm đảm bảo đáp ứng được các mốc thời gian.

Trên hết, khu vực tư nhân đang tìm kiếm sự chắc chắn về chính sách. Các công ty có thể đầu tư vào nhiều quốc gia, sự thiếu chắc chắn về triển vọng chính sách ở bất kỳ một quốc gia nào cũng có thể cản trở đầu tư vào quốc gia đó. Một khung thời gian 15-25 năm là cần thiết để phát triển ngành công nghiệp dựa trên nền tảng sinh học và thiết lập lợi thế cạnh tranh so với sản xuất dựa trên nhiên liệu hóa thạch. Nhiên liệu hóa thạch vẫn được hưởng các khoản trợ cấp lớn, ngành công nghiệp này đã có hàng thập kỉ để hoàn thiện các quy trình, chuỗi cung ứng và giá trị, và nhìn chung các nhà máy đang hoạt động được khấu hao hoàn toàn.

Nếu xã hội cần một sự thay đổi trong sản xuất, sản xuất sinh học được đánh giá là có đủ đặc tính chung tốt, thì cần có những thay đổi lớn trong xã hội. Đó không chỉ là lợi ích của khu vực tư nhân “đơn thương độc mã”, và trong nhiều thập kỷ tới, cần có đầu tư công để hình thành cuộc cách mạng sản xuất này.

6.3. Điều chỉnh chính sách xử lý chất thải sinh học với mục tiêu bền vững

Quá trình sản xuất sinh học liên quan trực tiếp đến một số thách thức lớn của xã hội và các mục tiêu chính sách, trong đó, chủ yếu là các mục tiêu giảm thiểu biến đổi khí hậu, an ninh năng lượng và cạn kiệt tài nguyên. Sản xuất sinh học cũng có thể gián tiếp liên quan đến vấn đề an ninh lương thực (vì sử dụng sinh khối công nghiệp có khả năng tác động đến an ninh lương thực), phá hủy đất đai và an ninh nước. Vì thế, sản xuất sinh học là yếu tố liên quan đến những thách thức quan trọng nhất trong cuộc sống con người ở thời điểm hiện tại và trong tương lai, có thể gọi chung là “phát triển bền vững”, và do đó, liên quan trực tiếp đến các mục tiêu trong Chương trình nghị sự 2030 của Liên Hợp Quốc về Phát triển bền vững.

Xử lý chất thải sinh học giải quyết một số mục tiêu chính sách lớn

Việc sử dụng vật liệu phế thải trong xử lý sinh học đáp ứng một số mục tiêu và thách thức chính sách như sau:

- Làm giảm áp lực đối với đất đai, do đó tăng cường tính bền vững
- Tránh các vấn đề xung quanh thay đổi mục đích sử dụng đất gián tiếp (ILUC)
- Tránh các vấn đề như tranh cãi về thực phẩm và nhiên liệu
- Cải thiện dư luận thông qua ba vấn đề trên

- Đối với khí thải công nghiệp, đặc biệt là khí CO và CO₂, cũng như bốn ưu điểm trên, sử dụng GHG sẽ thay vì phát thải, tức là có đóng góp vào các mục tiêu chính sách và khoa học về giảm phát thải trong chính sách khí hậu

- Đối với MSW (chất thải rắn đô thị), tất cả các trường hợp trên đều được áp dụng (vì MSW được chuyển đổi thành khí metan tại các bãi chôn lấp và khí mê-tan tác động GHG mạnh hơn nhiều so với CO₂), và cũng giải quyết được một thách thức chính sách bổ sung - việc giảm dần việc cung cấp các vị trí phù hợp cho bãi chôn lấp rác mới, vốn được coi là một vấn đề đối với nhiều quốc gia.

Các vấn đề cốt lõi xung quanh quá trình xử lý sinh học và sử dụng chất thải

Quyết định về địa điểm đặt nhà máy xử lý sinh học chất thải không phải là một việc đơn giản, mặc dù có nhiều ý kiến về việc đưa các địa điểm này về vùng nông thôn. Có nhiều yếu tố cần được xem xét. Trong đó, yếu tố mang tính quyết định có thể là quyết định đưa chất thải rắn đô thị (MSW) làm nguyên liệu. Chính quyền quốc gia hoặc khu vực nếu muốn xem xét xử lý sinh học chất thải cần phải có đủ kiến thức về các vấn đề được miêu tả trong Bảng 4.

Bảng 4. Các vấn đề sử dụng chất thải và xử lý sinh học chung trong quá trình ra quyết định cho các nhà hoạch định chính sách.

Chính quyền quốc gia hoặc khu vực muốn xem xét xử lý chất thải sinh học, cần phải có đủ kiến thức về những lĩnh vực sau:
Loại và số lượng chất thải có sẵn trong phạm vi của nhà máy được đề xuất đảm bảo tính bền vững. Hạn chế chủ yếu của việc sử dụng nguyên liệu thô từ nông nghiệp có liên quan đến giá trị kinh tế và mật độ năng lượng thấp điển hình. Vận chuyển đường dài là một yếu tố hạn chế.
Loại chất thải có thể cần phải được nhập khẩu (ví dụ, để duy trì hoạt động quanh năm). Vị trí của cảng gần nhất có thể là một yếu tố quyết định.
Loại hình nhà máy xử lý sinh học sẽ được xây dựng (càng sử dụng nhiều nguyên liệu, khả năng thành công càng cao).
Những hình thức tiền xử lý sẽ được sử dụng (quá trình khí hóa mở rộng đáng kể phạm vi sử dụng các nguyên liệu tiềm năng);
Vị trí vật lý khả thi (tiếp cận với các loại sinh khối khác nhau, bao gồm cả MSW, sự chấp thuận của công chúng)
Những cơ quan có thể được kêu gọi để thu thập dữ liệu.
Xây dựng cơ sở hạ tầng mới (ví dụ: đường bộ, đường sắt, điện).
Vai trò ban đầu của khu vực công (ví dụ: bảo đảm tiền vay cho đầu tư tư nhân có rủi ro).
Các quy định cấp phép xử lý chất thải tại địa phương (ví dụ: các lệnh cấm cụ thể liên quan đến hình thức vận chuyển vật liệu thải).
Rủi ro trong quá trình xử lý rác thải (ví dụ như các yếu tố: mùi hôi, kinh tế, sức khỏe, môi trường).

Ý nghĩa đối với các thị trường hiện tại, đặc biệt là phương pháp tái chế, đốt và ủ phân công nghiệp.
Nhận thức cộng đồng (về chất thải, nhà máy công nghiệp, chính sách canh đồngnâu/ canh đồng xanh (brownfield/ greenfield), chất sinh học biến đổi gen, ảnh hưởng đến tính tiện nghi tại địa phương, ảnh hưởng đến giá nhà).
Làm thế nào để có một khung pháp lý đủ linh hoạt.
Lực lượng lao động có trình độ với các kỹ năng kỹ thuật cần thiết.
Vai trò cần thiết của việc tái sử dụng và xử lý nước thải và nội dung hữu ích hoặc bị cấm của chính sách hiện nay.
Các thành phố kém phát triển có thể dễ dàng đầu tư xây dựng một nhà máy sinh học nếu nó mang lại lợi ích cũng như tạo việc làm cho chính người dân trong thành phố. Các nhà đầu tư khác nhau sẽ có các chương trình nghị sự chính trị khác nhau và cần được quản lý chặt chẽ.
Những khoảng cách giữa R&D, trình diễn và nhà máy sản xuất nguyên mẫu (phổ biến ở nhiều quốc gia).
Các sản phẩm dựa trên nhiên liệu sinh học thường không cạnh tranh với các sản phẩm hóa dầu (điều này không đáng ngạc nhiên vì ngành công nghiệp hóa dầu đã có nhiều thập kỷ để hoàn thiện các quy trình và sản phẩm của mình và ngành công nghiệp sinh học non trẻ cần được hỗ trợ chính sách để nâng cao tính cạnh tranh hơn).
Thiếu sự lãnh đạo chính trị nhất quán.

Thay thế tài nguyên hóa thạch và giảm thiểu biến đổi khí hậu

Chiến lược kinh tế sinh học đòi hỏi thay thế đáng kể tài nguyên dựa trên nền tảng hóa thạch bằng tài nguyên tái tạo. Nhiều chính phủ đã đặt mục tiêu giảm phát thải để đáp ứng các nghĩa vụ quốc tế, và kết quả là nỗ lực hướng tới sử dụng sinh khối trong sản xuất điện, nhiên liệu lỏng và khí đã được thực hiện. Theo Cơ quan Năng lượng Tái tạo Quốc tế, ít nhất 154 quốc gia đã đặt mục tiêu phát triển năng lượng tái tạo vào giữa năm 2015. Tuy nhiên, chính sách đối với các vật liệu và hóa chất nền tảng sinh học ít được quan tâm hơn.

Vào tháng 6 năm 2015, G7 vạch ra kế hoạch loại bỏ nhiên liệu hóa thạch vào cuối thế kỷ này, kêu gọi càng sớm càng tốt giảm được 70% lượng phát thải năm 2010 trước năm 2050, phù hợp với các mục tiêu chung của Thỏa thuận Paris từ COP21. Sự thay đổi lớn này kêu gọi hành động chính sách trên nhiều mặt, ví dụ: thuế, năng lượng, nông nghiệp, quản trị, đầu tư. Khoa học và công nghệ nắm giữ các câu trả lời cho các vấn đề liên quan đến tương lai năng lượng ít carbon, phi hóa thạch, bằng chứng là sự phát triển của công nghệ năng lượng mặt trời và gió.

Thoái hóa đất đai là nhiệm vụ trọng tâm đối với các nhà hoạch định chính sách

Ở cấp độ chính trị, những tác động của việc phá hủy và suy thoái đất đai đang được hiện thực hóa. Cuối năm 2017, Bộ trưởng Môi trường Vương quốc Anh Michael Gove đã đưa ra lời cảnh báo rằng, chỉ sau 30-40 năm, sẽ “xóa sổ cơ bản độ phì nhiêu của đất đai” các khu vực trên toàn nước Anh. Chính phủ cần khuyến khích nông dân giải quyết cùng lúc tình trạng đất bạc màu và suy giảm đa dạng sinh học. Thực tiễn cần thúc đẩy chất lượng của đất đai để phục vụ sản xuất thực phẩm, đồng thời cung cấp các dịch vụ hệ sinh thái quan trọng khác.

Tình hình ở Anh hoàn toàn không phải là ngoại lệ. Đúng hơn, đây là một vấn đề mang tầm quan trọng gần như toàn cầu. Khoảng một phần ba đất đai trên thế giới đã bị suy thoái. Mỗi năm ước tính khoảng 12 triệu ha đất nông nghiệp được sử dụng để sản xuất 20 triệu tấn ngũ cốc bị thất thoát do ảnh hưởng của tình trạng suy thoái đất. Khoảng 2,5% diện tích đất trồng trọt ở Trung Quốc bị ô nhiễm trầm trọng nên không thể sử dụng cho mục đích trồng trọt.

Ước tính toàn cầu về diện tích đất bị suy thoái dao động từ dưới 1 tỷ đến hơn 6 tỷ hecta, với sự khác biệt đáng kể trong phân bố theo không gian. Nguy cơ đánh giá quá cao tính sẵn có và tiềm năng sản xuất của các khu vực đất đai này là vô cùng nghiêm trọng, vì nó có thể chuyển hướng sự chú ý ra khỏi những nỗ lực giảm thiểu chất thải thực phẩm và nông nghiệp.

Tăng trưởng xanh

Các mục tiêu chính sách của xử lý sinh học chất thải cũng phù hợp với khái niệm Tăng trưởng xanh. Tăng trưởng xanh được định nghĩa như sau: “*Nội dung của tăng trưởng xanh là thúc đẩy tăng trưởng và phát triển kinh tế trong khi đảm bảo rằng những tài sản tự nhiên tiếp tục cung cấp các tài nguyên và dịch vụ môi trường vốn đóng vai trò đặc biệt quan trọng đối với phúc lợi của con người. Để làm được điều này, cần phải xúc tiến đầu tư và đổi mới, điều này sẽ củng cố tăng trưởng bền vững và tạo ra các cơ hội kinh tế mới*”.

Quốc gia đầu tiên kết hợp Tăng trưởng xanh vào mục tiêu chính sách lớn là Hàn Quốc, với Chiến lược Thực hiện Tăng trưởng Xanh Quốc gia, bao gồm 3 mục tiêu chính và 10 định hướng chính sách phù hợp với mục tiêu giảm thiểu biến đổi khí hậu.

Quy định về quản lý chất thải thực phẩm

Thời điểm để điều chỉnh xử lý sinh học chất thải phù hợp với quy định mới về quản lý chất thải thực phẩm mới là rất lý tưởng ở nhiều quốc gia. Ví dụ, vào năm 2013, Hội đồng Bắc Ireland đã đưa ra các quy định về quản lý quá trình xử lý chất thải thực phẩm đặt ra trách nhiệm đối với các doanh nghiệp thực phẩm trong việc

thực hiện thu gom riêng lẻ chất thải thực phẩm và nghiêm cấm hình thức chôn lấp chất thải thực phẩm tách khỏi nguồn. Bên cạnh đó, các công cụ theo luật định đặt ra một nghĩa vụ đối với các hội đồng, đó là cung cấp các thùng chứa để thực hiện thu gom chất thải thực phẩm riêng lẻ từ các hộ gia đình. Điểm cuối cùng này giúp phá bỏ một trong những rào cản đối với việc xử lý chất thải sinh học.

Điều này đã tạo ra một động lực mạnh mẽ cho các dự án hỗ trợ phát triển các chính sách và nghiên cứu kinh tế sinh học/tuần hoàn. Một ví dụ là dự án ReNEW đã chứng minh rằng có thể tạo ra hơn 13.000 việc làm nếu Bắc Ireland chuyển sang nền kinh tế tuần hoàn, xác định “các cơ hội đặc biệt trong quản lý quá trình xử lý chất thải từ thức ăn và thức uống, xử lý sinh học và kinh tế sinh học”.

6.4. Tài trợ cho công nghệ xử lý sinh học chất thải

Hình thức tài trợ phổ biến nhất cho các công nghệ xử lý sinh học ở Mỹ là sự kết hợp giữa vốn chủ sở hữu, được kết hợp với các khoản tài trợ của liên bang hoặc bảo lãnh cho vay được liên bang hỗ trợ. Khoản trợ cấp này không cần phải hoàn trả, nhưng sẽ phải chấp nhận một loạt các yêu cầu kỹ thuật. Để xây dựng các nhà máy xử lý sinh học, cả USDA và USDOE đều ủng hộ bảo lãnh khoản vay 20 năm.

Với sự bảo lãnh cho vay của chính phủ, chính phủ (người bảo lãnh) hứa sẽ đảm nhận nghĩa vụ trả của người vay tiền nếu người vay đó không trả được nợ. Bảo đảm khoản vay có vai trò tương tự như cung cấp tài chính dự án thông thường, nhưng chính phủ chấp nhận rủi ro công nghệ và hỗ trợ vay. Điều này hợp lý hóa các bước phê duyệt và kiểm soát.

Ở Châu Âu, cơ chế chính là quan hệ đối tác công - tư liên quan đến tài trợ đối ứng. Cơ chế bảo đảm tiền vay, phần lớn không được áp dụng trong xây dựng nhà máy xử lý sinh học ở châu Âu, nhưng được áp dụng thường xuyên ở Mỹ, giúp quản lý các khoản nợ. Tại thời điểm xây dựng Nhà máy xử lý sinh học Crescentino ở Ý, tài trợ bằng nợ được coi là khó khăn lớn trong tài chính tổng thể của việc xây dựng. Các nhà hoạch định chính sách cần đảm bảo rằng chiến lược tài trợ bằng nợ là hợp lý trước khi cam kết các quỹ công. Các công cụ tài chính để xây dựng quan hệ đối tác công - tư phải hấp dẫn và không quá quan liêu. Hãy chắc chắn việc thực hiện quản lý theo giai đoạn (gate-staging) để đảm bảo rằng việc cấp tài chính công theo từng giai đoạn phụ thuộc vào kết quả thực hiện các mục tiêu.

Với sự xuất hiện của InnovFin ở châu Âu, việc tài trợ cho các nhà máy xử lý sinh học thông qua bảo lãnh cho vay trở nên dễ dàng hơn. Việc cung cấp tài chính cho các nhà đổi mới của InnovFin-EU đã được đưa ra bởi Cộng đồng châu Âu và Tập đoàn ngân hàng đầu tư châu Âu trong khuôn khổ Horizon 2020. Nó cung cấp các khoản bảo lãnh hoặc cho vay trực tiếp (24 tỷ EUR) cho các dự án nghiên cứu và đổi mới. InnovFin hướng tới mục tiêu cải thiện khả năng tiếp cận tài chính rủi ro cho

các dự án nghiên cứu và đổi mới; cơ sở hạ tầng nghiên cứu; quan hệ đối tác công tư; và các dự án đặc biệt thúc đẩy các dự án mẫu công nghiệp đầu tiên. Đây là một bước tiến lớn ở châu Âu vì các khoản bảo lãnh cho vay trước đây không xuất hiện trong danh mục các cơ chế tài trợ cho các dự án kinh tế sinh học.

Các công cụ sáng tạo đang được xây dựng và phát triển để tài trợ cho việc xây dựng nhà máy xử lý sinh học, chẳng hạn như các ngân hàng xanh được thành lập bằng tiền đóng thuế nhưng hoạt động theo hình thức một ngân hàng thương mại. Khái niệm về ngân hàng đầu tư xanh, trong đó, các quyết định đầu tư dựa trên đánh giá đúng đắn về kế hoạch kinh doanh, đang ngày càng trở nên phổ biến. Các dự án ngân hàng xanh điển hình bao gồm năng lượng tái tạo ngoài khơi và trên bờ, năng lượng gió và năng lượng mặt trời ngoài khơi. Việc mở rộng các dự án xây dựng nhà máy xử lý sinh học dường như là một lựa chọn dễ dàng, nhưng cũng đầy rủi ro trong thời điểm hiện tại. Việc xem xét các mô hình khác là rất cần thiết, các mô hình lai có thể mang lại hiệu quả hơn bất kỳ mô hình nào hiện có.

6.5. Trợ cấp NC&PT

Một thách thức lớn trong sản xuất dựa trên nền tảng sinh học, cụ thể là trong xử lý sinh học chất thải, là tính chất đa ngành của đối tượng. Trợ cấp nghiên cứu sẽ phải tạo ra không chỉ những kiến thức mới cần thiết, mà còn đào tạo ra cán bộ chuyên môn. Hệ thống giáo dục hiện không phù hợp với thách thức đa ngành và liên ngành này.

Các chương trình nghiên cứu về xử lý sinh học cần phải được thiết kế cẩn thận. Sự cân bằng giữa R&D thượng nguồn dựa trên quy mô phòng thí nghiệm cần được củng cố nhiều hơn và các hoạt động nghiên cứu hạ nguồn gắn với thị trường hơn, ví dụ: thỏa mãn nhu cầu tạo ra một hệ sinh thái công nghiệp. Hình thức đồng tài trợ cho các chương trình nghiên cứu giữa các hội đồng nghiên cứu khác nhau ví dụ: công nghệ sinh học, khoa học tự nhiên, kỹ thuật là một nhu cầu rõ ràng, để ngăn chặn sự chồng chéo và trùng lặp. Các chương trình như BBI JU bao gồm một số loại hình dự án, từ nghiên cứu cơ bản đến các cơ sở xử lý sinh học hàng đầu, mỗi loại hình sẽ có một cấu trúc tài trợ khác nhau.

Mô hình R&D phù hợp

Cam kết về tiêu chuẩn kỹ thuật lớn nhất cho việc huy động giải pháp công nghệ sinh học trong tương lai có thể là việc thực hiện tiêu chuẩn hóa sinh học kỹ thuật, giúp thực hành nhanh chóng và ít tốn kém hơn. Tuy nhiên, hàng thập kỷ của kỹ thuật trao đổi chất đối với các hóa chất và vật liệu dựa trên sinh học đã mang lại nhiều thành công nghiên cứu nhưng ít sản phẩm có quy mô thương mại. Để thu hẹp

khoảng cách giữa phòng thí nghiệm và thị trường, cần có các mô hình R&D&I mới để tăng tốc quá trình này. Các mô hình khác nhau, bao gồm cả tổ chức nghiên cứu trung gian công tư (IRO) cũng đã được thảo luận.

Xây dựng các doanh nghiệp vừa và nhỏ để đáp ứng những thách thức

Để giải quyết sự thiếu thành công mang tính thương mại này, các nhà nghiên cứu tại Viện Khoa học và Công nghệ tiên tiến Hàn Quốc (KAIST) đã đề xuất 10 chiến lược chung về kỹ thuật trao đổi chất hệ thống để phát triển thành công các chủng vi sinh vật công nghiệp. Kỹ thuật trao đổi chất hệ thống khác với kỹ thuật thông thường ở hình thức kết hợp các phương pháp kỹ thuật trao đổi chất truyền thống cùng với các công cụ của các lĩnh vực khác, như sinh học hệ thống, sinh học tổng hợp và tiến hóa phân tử.

Số lượng công ty có khả năng sản xuất một hoặc nhiều chuyên ngành có thể rất nhiều, tuy nhiên, chỉ số ít có khả năng kết hợp các chuyên ngành đó vào một quy trình sản xuất. Trong một lĩnh vực công nghệ sinh học cụ thể và các lĩnh vực công nghệ sinh học khác, cần có sự hợp tác hiệu quả hơn giữa các học viện và các công ty công nghệ sinh học công nghiệp, và chuyển giao kiến thức nhanh hơn giữa khu vực công và tư.

Xử lý sinh học hợp nhất: nhu cầu tiếp tục tài trợ cho R&D công

Trong phương pháp xử lý sinh học hợp nhất (CBP), các hoạt động thủy phân (ligno) cellulose của enzyme được thực hiện dựa trên kết hợp với máy móc để tạo ra các sản phẩm nền tảng sinh học nhờ một chất xúc tác sinh học vi khuẩn duy nhất. Bộ Năng lượng Hoa Kỳ tán thành quan điểm rằng công nghệ CBP được coi là cấu hình chi phí thấp cuối cùng cho quá trình thủy phân và lên men cellulose. Áp dụng hiệu quả CBP trong thực tế là một nỗ lực của sinh học kỹ thuật để tạo ra chức năng chính xác nhưng cũng để cải thiện chức năng của chất xúc tác sinh học để sử dụng trong quy trình công nghiệp. Trong số các công nghệ xử lý sinh học khác nhau, CBP được đánh giá là phương pháp kinh tế nhất về lâu dài, nhưng năng suất vẫn chưa đủ và cần phải tiếp tục nhận được tài trợ nghiên cứu để đưa vào hoạt động.

Độ tin cậy, khả năng tái sản xuất và tiêu chuẩn hóa

Các khái niệm như khả năng tương tác, tách thiết kế khỏi sản xuất, tiêu chuẩn hóa các bộ phận và hệ thống, tất cả đều được coi là nội dung trung tâm của các ngành kỹ thuật, phần lớn không xuất hiện trong lĩnh vực công nghệ sinh học. Các tiêu chuẩn cho phép tách rời thiết kế khỏi sản xuất, tách khỏi lắp ráp, triển khai là một khái niệm thiết yếu trong kỹ thuật, giúp hạn chế khả năng không thể tái lập các kết quả, điều luôn tồn tại trong sinh học và công nghệ sinh học. Tóm lại, việc áp dụng các tiêu chuẩn tạo điều kiện cho khả năng mở rộng, tái lập và khả năng dự

đoán của một lĩnh vực kỹ thuật mà sinh học kỹ thuật đang cần. Để vượt qua những rào cản lớn như vậy đòi hỏi sự hợp tác công và tư, có thể được tạo điều kiện bởi các chương trình R&D chung.

Tự động hóa nghiên cứu công nghệ sinh học và thư viện ADN công

Để đạt được các mục tiêu về độ tin cậy, khả năng tái lập, tiêu chuẩn hóa ngày càng đòi hỏi tự động hóa các giao thức và luồng công việc trong nghiên cứu công nghệ sinh học nếu sinh học kỹ thuật bước vào kỷ nguyên định lượng. Thiết kế hỗ trợ máy tính với tính năng tự động hóa sẽ dẫn đến khả năng đạt được quy mô chưa từng có. Hình thức tự động hóa sẽ cho phép các nhà nghiên cứu dành nhiều thời gian hơn cho thiết kế thử nghiệm thay vì thực hiện thử nghiệm.

Hoạt động phòng thí nghiệm bổ sung là việc tiếp cận dữ liệu và ADN thông qua các thư viện ADN tập trung có thể được truy cập bằng các ứng dụng nền tảng điện toán đám mây. Khái niệm này có nghĩa là cho phép nhiều tế bào hoạt động độc lập với chi phí thấp trong nhiều tổ chức, nhưng với quyền truy cập đám mây vào các thư viện ADN để thực hiện các quy trình thử nghiệm phức tạp vượt quá khả năng của hầu hết các tổ chức.

6.6. Một sân chơi bình đẳng

Những phản đối trợ cấp đối với bất kỳ loại hình công nghệ non trẻ nào nhằm mục tiêu giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu có thể dựa trên sự bóp méo thị trường do trợ cấp gây ra. Tuy nhiên, không có thứ gọi là “sân chơi bình đẳng” giữa các ngành công nghiệp nhiên liệu hóa thạch và bất kỳ ngành công nghiệp xanh nào. Ngành công nghiệp nhiên liệu hóa thạch đã tồn tại trong suốt hơn một thế kỷ và trợ cấp cho nhiên liệu hóa thạch vẫn còn ở mức khá cao. Hằng năm, những khoản trợ cấp này liên tục tăng lên tới hàng trăm tỷ đô la.

Việc áp dụng giá cacbon và thuế cacbon có vẻ như là những giải pháp hợp lý để tăng số tiền tài trợ cần thiết cho các đóng góp công của các dự án đó. Mục đích của khung chính sách định giá cacbon sẽ là gửi đi các tín hiệu giá rõ ràng và đáng tin cậy thúc đẩy quá trình chuyển đổi cacbon thấp trong trung hạn và dài hạn. Giá cacbon rõ ràng có thể được định giá thông qua thuế cacbon, được biểu thị bằng giá cố định cho mỗi tấn khí thải, hoặc thông qua các hệ thống mua bán phát thải, trong đó, mục tiêu giảm phát thải được đặt ra thông qua việc cấp một số giấy phép cố định, giá được thiết lập trên thị trường thông qua cung và cầu. Định giá khí thải cacbon thông qua thuế cacbon sẽ là một động lực mạnh mẽ để đầu tư vào các công nghệ sạch hơn và áp dụng các quy trình công nghiệp xanh hơn như mục tiêu lĩnh vực sinh học kỹ thuật đã cam kết. Phát thải nên được tính ở mức giá bằng với giá trị

tiền tệ của thiệt hại do khí thải gây ra. Điều này sẽ dẫn đến lượng phát thải CO₂ tối ưu (hiệu quả) về mặt kinh tế. Tuy nhiên, thỏa thuận về mức giá của thiệt hại vẫn khó nắm bắt.

Loại bỏ trợ cấp nhiên liệu hóa thạch và định giá thiệt hại môi trường của các ngành công nghiệp đó sẽ tạo ra một cục diện hoàn toàn khác về kinh tế học, và sẽ khiến cho lập luận chống lại các ngành công nghiệp sinh học xanh, bền vững trở nên ít thuyết phục hơn.

6.7. Các quy định, tiêu chuẩn và nhãn cho các sản phẩm dựa trên sinh học liên quan đến hiệu quả tài nguyên

Cách tiếp cận các quy định và tiêu chuẩn cũng có thể là một công cụ để tạo ra thị trường, ví dụ như thông qua đăng ký sản phẩm và đánh giá vòng đời. Một giải pháp để xử lý sinh học chất thải để thu được kết quả ở đây là áp dụng chứng nhận bền vững hợp lý, hài hòa, trong đó, hiện tại khu vực này là một sự kết nối của các dự án tự nguyện khó hiểu và thiếu độ tin cậy của khả năng thực thi.

Các quy định điều chỉnh việc sử dụng sinh khối, đặc biệt là sử dụng phân tầng, trong các lĩnh vực ứng dụng khác nhau giữa các ngành và ở cấp độ quốc gia và quốc tế. Điều này có thể cản trở đầu tư vào các cơ sở mới và R&D vào các sản phẩm và ứng dụng mới. Thách thức cụ thể trở nên tăng gấp đôi.

Đầu tiên, cần tăng cường sử dụng các công cụ, đặc biệt là các tiêu chuẩn chung, hạn chế sự hình thành của các rào cản thương mại đối với các sản phẩm nền tảng sinh học giữa các chuỗi giá trị và mở rộng tiềm năng thị trường.

Thứ hai, các rào cản quy định cản trở đầu tư vào các chuỗi giá trị, sản phẩm và ứng dụng hiện có trong các lĩnh vực, phải được loại bỏ và ưu tiên thiết lập một sân chơi bình đẳng cho các sản phẩm nền tảng sinh học.

Tiêu chuẩn cho các sản phẩm sinh học ở cấp quốc tế (ví dụ: về hàm lượng nền tảng sinh học, khả năng phân hủy sinh học, tính bền vững và chức năng) sẽ đảm bảo tính nhất quán giữa các ngành. Các tiêu chuẩn đóng vai trò trung tâm để phát triển nhãn hiệu cho các sản phẩm nền tảng sinh học. Để trở nên dễ so sánh và củng cố mức độ tin cậy, các đánh giá bền vững cho các sản phẩm sinh học cần phải được chuẩn hóa và chứng nhận. Các tiêu chí bền vững cho các sản phẩm sinh học và nhiên liệu sinh học phải tương đương và tính đến các yếu tố như tính toán phát thải GHG và các tiêu chí để sản xuất sinh khối bền vững.

Theo cách tương tự mà Chương trình Tiêu chuẩn Nhiên liệu Tái tạo (RFS) đặt ra các tiêu chuẩn tiết giảm phát thải GHG cùng với các quy định về thể tích đối với nhiên liệu sinh học, các mục tiêu môi trường đối với các vật liệu sinh học trở nên khả quan. Điều này có thể hiệu quả trong việc không chỉ khuyến khích sự phát triển

của nhựa sinh học hiệu quả nhất mà còn ngăn cản sự đầu tư sớm vào nhựa sinh học với hiệu suất môi trường kém hơn. Narayan và Patel (2003) đã nỗ lực xác định các mục tiêu như vậy: họ khuyến nghị rằng, so với các lĩnh vực thông thường, biopolyme và vật liệu tổng hợp sợi tự nhiên sẽ:

- Tiết kiệm ít nhất 20 năng lượng MJ (không tái tạo) mỗi kg polymer;
- Tránh ít nhất 1 kg CO₂ mỗi kg polymer;
- Giảm hầu hết các tác động môi trường khác ít nhất 20%.

Việc ghi nhãn có thể đóng một vai trò quan trọng trong việc thương mại hóa các sản phẩm sinh học, cung cấp cho người tiêu dùng thông tin rõ ràng về hiệu suất môi trường của sản phẩm và hướng dẫn hành vi mua hàng đối với các lựa chọn bền vững. Nhãn có thể rất quan trọng cho sự thu hút của các sản phẩm sinh học bằng hình thức mua sắm công xanh. Theo quan điểm về sự phổ biến của các chương trình ghi nhãn quốc gia và quốc tế, có thể đạt được những lợi ích bằng cách kết hợp các sản phẩm sinh học với một chương trình hiện có thành công mà có cách tiếp cận hài hòa và chuẩn hóa.

Xem xét nhựa sinh học trong chiến lược tương lai xử lý chất thải nhựa

Nhựa sinh học mở ra con đường phát triển nền kinh tế nhựa tuần hoàn, bền vững bằng cách sử dụng các nguyên liệu thay thế và cung cấp phạm vi rộng hơn về các lựa chọn cuối đời cho các sản phẩm nhựa. Tuy nhiên, đề xuất Chiến lược Nhựa của EU không đưa ra các biện pháp lập pháp cụ thể để tận dụng lợi ích của nhựa sinh học. Hiệp hội Nhựa sinh học châu Âu đã phác thảo một loạt các biện pháp và hành động lập pháp tiềm năng cho phép nhựa sinh học thực hiện tiềm năng của chúng trong nền kinh tế nhựa đang phát triển phải giải quyết các vấn đề nghiêm trọng mà rác thải nhựa đang tạo ra. Mặc dù các biện pháp này liên quan đến EU, nhưng chúng có thể có giá trị như nhau ở các quốc gia đang ở trong thế tiến thoái lưỡng nan về quản lý xử lý chất thải nhựa (thực tế là tất cả các quốc gia thành viên OECD và nhiều quốc gia khác).

- Xác định tiêu chí áp dụng, trong đó, nhựa phân hủy sinh học phù hợp hơn nhựa thông thường
- Thúc đẩy việc sử dụng các vật liệu phân hủy sinh học, dựa trên sinh học để sản xuất bao bì
- Xác định tiêu chí bền vững nguyên liệu cho nhựa sinh học
- Đảm bảo tiêu chí bền vững cho nguyên liệu nhựa dựa trên sân chơi bình đẳng với nhựa dựa trên hóa thạch

- Tuân theo các quy tắc mới, hài hòa để đảm bảo rằng, 10% tất cả các vật liệu bao bì nhựa được đưa vào thị trường EU là vật liệu dựa trên sinh học

- Tuân theo các quy tắc mới, hài hòa để đảm bảo rằng, một loạt các bao bì nhựa có tiếp xúc với thực phẩm (đặc biệt là thực phẩm dễ hỏng) hoặc được sử dụng để thu gom chất thải sinh học có thể được tái chế hữu cơ

- Hạn chế sử dụng nhựa “tự phân hủy oxo”

- Xem xét việc thực hiện các quy tắc, định nghĩa và nhãn hài hòa hiện có đối với nhựa có thể phân hủy công nghiệp.

Nhựa sinh học bền thay thế nên được xử lý theo chính sách giống như đối với nhựa hóa thạch miễn là chúng đáp ứng các tiêu chí bền vững, bao gồm giảm phát thải và giảm năng lượng hóa thạch chính.

Cải thiện hiệu quả tài nguyên là điều cần thiết để đáp ứng SDGs

Trong số 17 mục tiêu phát triển bền vững (SDGs), 12 mục tiêu phụ thuộc trực tiếp vào việc quản lý toàn diện nền kinh tế bền vững của toàn bộ các nguồn tài nguyên thiên nhiên. Ít nhất một nửa số mục tiêu phát triển bền vững có thể được giải quyết bằng cách sử dụng công nghệ sinh học và kinh tế sinh học. Có thể lập luận rằng hiệu suất tài nguyên và kinh tế sinh học có chung ít nhất là 9 trong số 17 các mục tiêu phát triển bền vững này (2,3,6,7,9,12,13,14,15). Nói cách khác, công nghệ sinh học cực kỳ hiệu quả về tài nguyên có thể giải quyết 9 mục tiêu này. Chỉ trong CBE, lợi ích do hiệu suất tài nguyên sinh học mang lại mới đạt mức cao nhất.

Cải thiện hiệu suất tài nguyên là không thể thiếu để đáp ứng các mục tiêu biến đổi khí hậu

Có những ưu điểm và nhược điểm của việc áp dụng công nghệ sinh học vào giảm thiểu biến đổi khí hậu. Nhiều bằng chứng cho thấy rằng sản xuất dựa trên sinh học để thay thế sản xuất dựa trên hóa thạch có thể tiết giảm phát thải. Tuy nhiên, việc điều chỉnh chính sách nên được xem xét vì nội dung chính sách quan trọng trong lĩnh vực này hướng vào năng lượng, vì lý do hợp lý rằng nhiên liệu lỏng góp phần nhiều cho sự gia tăng phát thải, đốt than để lấy năng lượng cũng vậy. Việc góp phần vào phát thải của ngành công nghiệp hóa chất và vật liệu là không đáng kể, và ở đây sản xuất dựa trên sinh học không chỉ giúp tiết giảm phát thải mà còn có đóng góp lớn hơn vào giá trị gia tăng và tạo việc làm.

Những công nghệ sinh học này có thể được coi là công nghệ sinh học môi trường, tuy mang lại lợi ích thiết yếu, nhưng cũng góp phần gia tăng phát thải. Xử lý nước thải sinh học hiếu khí tuy tạo ra GHG nhưng cũng thực hiện nhiệm vụ lọc nước thải thiết yếu, và nghiên cứu đang hướng tới giảm lượng phát thải này. Xử lý

nước thải đô thị chiếm khoảng 3% lượng điện tiêu thụ toàn cầu và 5% lượng khí thải GHG không CO₂, chủ yếu là khí mê-tan từ quá trình phân hủy kỵ khí. Tương tự phân hủy chất thải hữu cơ rắn là công nghệ sinh học tuần hoàn đã tồn tại trong một thời gian dài nhưng tạo ra lượng phát thải, có phạm vi để cải thiện.

Các công nghệ sinh học môi trường này thiếu các biện pháp kiểm soát quá trình, mặc dù được áp dụng ở quy mô rất lớn (triển khai quy mô lớn nhất trong tất cả các công nghệ sinh học). Chính sách trợ cấp R&D có thể tập trung vào việc cung cấp hệ gen/công cụ kỹ thuật số giúp các công nghệ này trở nên dễ đoán hơn. Xử lý ô nhiễm môi trường bằng phương pháp sinh học là một ví dụ điển hình của công nghệ sinh học môi trường toàn diện, chưa được tận dụng vì thiếu biện pháp kiểm soát quá trình, mặc dù được coi là công nghệ khắc phục bền vững. Yêu cầu cấp thiết là phải trang bị cho các học viên chuyên ngành xử lý sinh học một bộ các kỹ thuật tổng hợp (omics) để chứng minh cơ sở khoa học chân chính giúp củng cố quá trình và cải thiện khả năng dự đoán.

Mặc dù vẫn dựa trên nghiên cứu, bằng chứng đối với các hệ thống và phương pháp sinh học tổng hợp phi tế bào để xử lý sinh học các chất ô nhiễm tái sinh từ đất vẫn đang được tìm kiếm và chứng minh một cách cụ thể. Cách tiếp cận này có lẽ chỉ hợp lý trong trường hợp đối với các chất ô nhiễm bền vững, cùng với đó là những quan ngại về vấn đề an toàn liên quan đến việc giải phóng các sinh vật biến đổi gen vào môi trường. Phương pháp sinh học tổng hợp phi tế bào có thể giúp giải quyết được vấn đề này bằng cách cho phép triển khai mạng lưới gen và quá trình trao đổi chất mà không gây nguy cơ sao chép và lan truyền các chủng vi khuẩn mới trong tự nhiên. Đánh giá rủi ro dựa trên cơ sở khoa học đang diễn ra nên là một ưu tiên chính sách.

Giải pháp sử dụng tài nguyên hiệu quả

Mô hình được thực hiện cho UNEP nhận thấy rằng hiệu suất tài nguyên kết hợp với chính sách khí hậu có thể giảm 28% mức sử dụng tài nguyên toàn cầu so với các xu hướng hiện tại, đồng thời, giảm phát thải nhà kính và tăng thu nhập và thúc đẩy tăng trưởng kinh tế. Kinh tế sinh học cung cấp các cơ hội như vậy cần được xem xét kỹ lưỡng từng trường hợp thông qua sử dụng phương pháp tiêu chuẩn hóa. Dữ liệu cho CBE hiệu suất tài nguyên vẫn cần phải được thu thập.

Cân bằng giữa chính sách đầu vào và đầu ra

Một chiến lược chính sách chủ yếu dựa vào phía đầu ra của chu trình vật liệu và năng lượng có thể sẽ thất bại trong việc mang lại những thay đổi môi trường cần thiết và đáp ứng mong muốn. Hệ quả là sự giảm đáng kể ở phía đầu vào thông qua

sự gia tăng đáng kể hiệu suất năng lượng và tài nguyên có thể là cần thiết để hạn chế ảnh hưởng nghiêm trọng của các vấn đề môi trường do ngưỡng hệ sinh thái.

Kết luận

Việc sử dụng sinh khối làm tài nguyên là một giao điểm quan trọng giữa nền kinh tế sinh học và nền kinh tế tuần hoàn. Trước những lo ngại về việc sử dụng các nguồn thực phẩm, đã có một sự thúc đẩy mang tính toàn cầu đối với các nguồn sinh khối phi thực phẩm, tạo thành nhiều nguồn 'chất thải', 'sản phẩm phụ', 'sản phẩm phụ dư thừa', 'dư lượng', như dư lượng nông nghiệp hoặc lâm nghiệp và chất thải rắn đô thị (MSW). Điều này cộng hưởng với khái niệm nền kinh tế tuần hoàn theo nhiều cách:

- Nó giữ nguồn nguyên liệu trong nền kinh tế lâu hơn
- Nó khép kín các vòng chu trình nguyên liệu
- Nó làm tăng năng suất tài nguyên.

Một số tác động phù hợp với nền kinh tế tuần hoàn là giảm sự phụ thuộc vào nguyên liệu thô và các sản phẩm mới và thay thế nguyên liệu thô thứ cấp trong sản xuất. Đồng thời, giảm phát thải khí nhà kính (GHG) thông qua sản xuất kinh tế sinh học (bằng cách sử dụng nguyên liệu tái tạo thay vì hóa thạch).

Tuy nhiên, có thể thấy trước một số khó khăn trong kinh tế sinh học tuần hoàn là:

- Ở một số quốc gia, chất lượng của vật liệu là "phế thải" chứ không phải là "nguyên liệu thứ cấp" không thể sử dụng làm nguyên liệu cho các nhà máy sinh học

- Một khó khăn được mô tả cụ thể giữa sinh khối với vai trò là nguyên liệu cho các hóa chất và vật liệu dựa trên nền tảng sinh học và việc sử dụng nó trong các ứng dụng năng lượng sinh học. Điều này, theo nghĩa rộng hơn, mô tả mâu thuẫn chính sách giữa chính sách công nghiệp và môi trường

- Thị trường chất thải có thể bị phá vỡ vì một số vật liệu thải hiện đang được tái chế, chôn lấp hoặc đốt trong tương lai có thể bị ràng buộc đối với các nhà máy sinh học. Điều này có thể có tác động sâu sắc đến thị trường quản lý chất thải và cơ sở hạ tầng công cộng (bởi một khoản tiền công lớn được đầu tư vào các cơ sở quản lý chất thải).

Khái niệm cho thấy điểm cốt lõi của vấn đề là việc sử dụng sinh khối theo tầng, ở một số quốc gia, như Đức, có mối liên hệ chiến lược chặt chẽ với các mục tiêu của nền kinh tế tuần hoàn.

Sự kết nối giữa các khái niệm kinh tế sinh học và kinh tế tuần hoàn sẽ được khai thác. Điều này sẽ cần sự kết hợp của các sáng kiến của khu vực công và tư nhân. Tuy nhiên, vẫn còn tồn tại nhiều thách thức và mục tiêu chính sách để khu vực công hành động trước, vì phần lớn những gì đã được mô tả được đánh giá là có nguy cơ rủi ro cao đối với khu vực tư nhân thực hiện một mình.

Không thể kết luận rằng điều này thể hiện một quá trình chuyển đổi lịch sử khác biệt với các quá trình chuyển đổi trước đó như từ sử dụng vật liệu gỗ sang than hay than sang dầu, trong đó cần phải hành động quyết liệt và táo bạo để có thể tránh được tác động nghiêm trọng nhất của biến đổi khí hậu, lương thực, năng lượng, an ninh nguồn nước và cạn kiệt tài nguyên. Những chuyển đổi này đòi hỏi phải quản lý quá trình chuyển đổi, cần đầu vào chính sách công rất rộng trong thời gian dài, nhưng với sự hợp tác chặt chẽ của khu vực tư nhân và các bên liên quan khác cần được khuyến khích bởi tính lâu dài của các chính sách đang được áp dụng.

Trong kế hoạch lớn của chính sách kinh tế sinh học, vai trò của đổi mới và công nghệ sinh học thường bị bỏ qua. Nhiều mục tiêu ở nhiều cấp độ, từ phòng thí nghiệm đến việc triển khai toàn diện, bao gồm cả thử nghiệm và trình diễn, tập trung vào các vấn đề chính sách nghiên cứu và đổi mới (R&I).