

---

# 철도의 지속가능성의 실현

---

이보라 대한건설정책연구원 미국 주재 객원연구위원([bora@ricon.re.kr](mailto:bora@ricon.re.kr))

The University of North Carolina at Charlotte 소속

## 1. 소개

철도만큼 지구 온난화에 대항하는 데 도움이 될 수 있는 대중교통의 형태는 없다. 국제 에너지 기구에 따르면, 전 세계 모터 승객 이동의 9%와 화물 운송의 7%를 담당하고 있는 가장 에너지 효율적인 운송 모드 중 하나이지만, 그러나 국제 에너지 기구에 따르면 운송 에너지 사용의 3%에 불과하다. 운반되는 화물 1톤당 트럭보다 80% 적은 에너지를 사용하며 배출 강도 면에서 자동차보다 4대 1의 우위를 점하고 있다. 그 결과, 2019년 운송 산업의 전 세계 배출량에서 철도가 차지하는 비중은 4%에 불과했다.

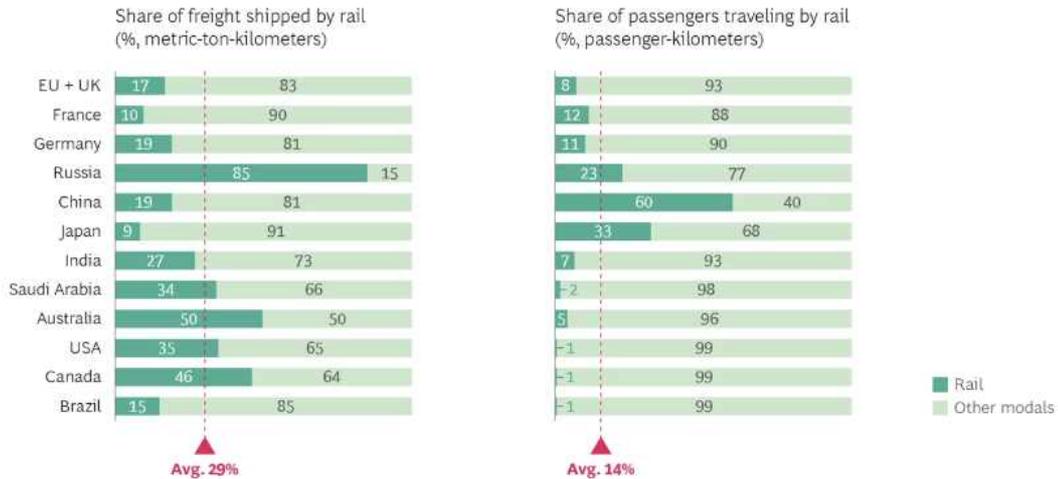
불행히도, 세계가 파리 협정의 배출 감소 목표를 달성하는 데 도움이 되는 주요 역할에도 불구하고, 철도는 전 세계 대부분의 주요 시장에서 오염도가 높은 운송 방식에 점유율을 잃고 있다. 실제로 화물 운송이 대량 운송에서 컨테이너 기반 모달 간 운송, 특히 소비재에 대한 운송으로 계속 전환되고 있는 것은 철도보다 트럭을 선호할 수 있다. 그리고 코로나19 범유행 기간 동안 자동차 보호를 요청한 사람들은 위협이 지나가더라도 대중교통으로 돌아가는 것을 꺼릴 수 있다는 조사 결과가 나왔다.

철도의 시장 점유율 상실을 만회하기 위한 필수적인 환경적 사례가 있으며, 강력한 비즈니스 사례도 있다. 현재 철도 운송이 지속 가능한 만큼, 대체 드라이브의 개발, 운영 효율성 향상, 재생 에너지에 대한 의존성 증가 등을 통해 개선해야 할 여지가 여전히 상당하다. 세계 각국 정부는 이미 철도의 지속 가능성을 높이기 위한 계획을 세우고 있다. 그들에게 있어, 더 큰 지속가능성은 그들의 운영과 공급망 전반에 걸쳐 비용을 낮춘다는 것을 의미한다. 결과적으로, 자체 탄소 발자국과 비용을 줄이려는 승객과 화물 고객들은 철도가 점점 더 매력적으로 보일 것이다

간단히 말해서, 더 큰 지속가능성은 철도 미래 성장의 핵심이다. 그러나 그러한 성장을 위해서는 새로운 기술과 정책 입안자, 투자자, 공급업체 및 철도 서비스 제공업체를 포함한 모든 이해 관계자의 추가 지원이 필요하다.

## 2. 오프 더 레일

세계 철도 산업의 상태에 대한 최근의 데이터는 고무적이지 않다. 대부분의 국가에서 철도는 운송 화물(미터톤-킬로미터로 측정)과 승객-킬로미터 이동량(자료 1)에서 과소 표현되고 있다. 예외가 있지만, 최근 몇 년간 거의 성장 기미를 보이지 않고 있다.



자료 1. 대부분의 국가에서 철도 운송량은 충분하지 않다.

2000년과 2018년 사이 유럽의 여객철도와 화물철도는 각각 1%, 3%포인트씩 하락하는 등 본질적으로 정체됐다. 인도에서는 철도 투자를 늘리려는 인도의 노력에도 불구하고 화물 및 승객 점유율이 10%포인트 감소했다. 그리고 미국 내 운임이 4% 포인트 증가했지만, 여객 운송은 여전히 미미하다.

가장 주목할 만한 예외는 중국과 호주이다. 운임은 11%포인트 하락했지만 중국의 운송은 거의 20년 동안 23%포인트 증가했다. 그 반대는 호주이며 철도로 여행하는 승객의 점유율은 여전히 작은 반면, 운임은 17% 포인트 올랐다.

설상가상으로, 몇 가지 추세가 미래의 성장을 방해하고 있다. 코로나19 팬데믹이 시작된 이후 전 세계적으로 여객철도 여행이 크게 줄었다. 중국에서 철도 여행이 정상으로 돌아왔지만, 미국과 유럽 모두 아직 완전히 회복되지 않았으며, 여전히 전염병 전 수준의 78%와 87%로 떨어졌다. 그리고 최근 BCG의 도시 이동성에 대한 설문조사에서 응답자들의 도시 이동성 우선순위 중 물리적 거리와 청결도가 지속가능성보다 훨씬 높은 것으로 나타났으며, 도시 교통 선택 중 가장 위험한 것은 철도였다.

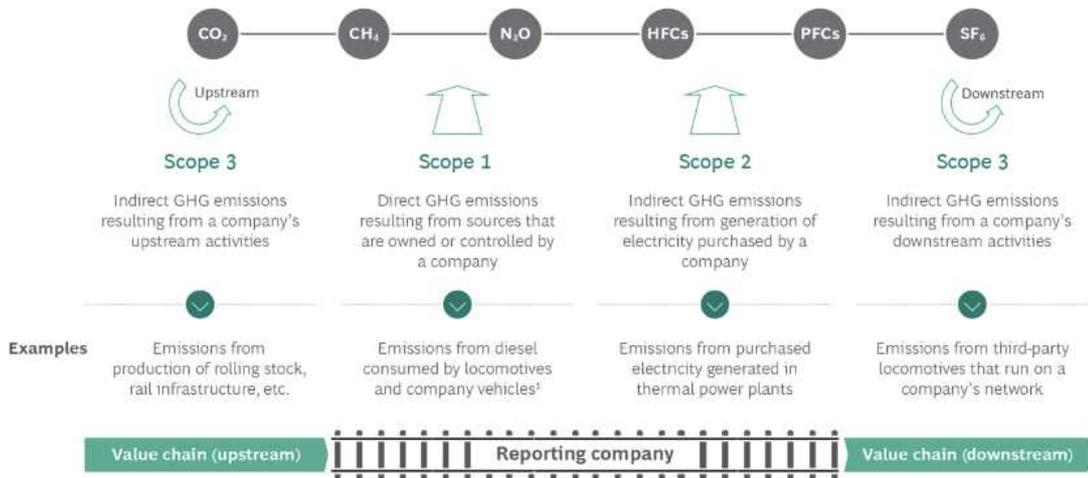
화물 운송도 어려움을 겪고 있다. 예를 들어 트럭 운송에 크게 의존하는 미국의 전자 상거래는 2000년 이후 매년 18%씩 성장했으며, 이는 유행병 기간 동안 폭발적으로 증가했다. 이러한 성장률은 일반적으로 철도를 통해 상품을 운송하는 농업, 광업, 자동차와 같은 산업보다 훨씬 빠르다. 유럽에서 철도를 통한 화물 운송은 철강, 에너지, 제지 및 자동차 산업이 직면한 구조적 문제로 인해 부정적인 영향을 받았다. 이에 따라 기차로 운송되는 상품의 부피와 혼합이 변화하고 있다.

한편, 운송업체들은 더 지속가능해지기 위해 열심히 일하고 있다. 자동차와 트럭을 포함한 전기 자동차는 시장 점유율을 늘리고 있다. 해양 회사들은 배터리-전기 및 수소 드라이브와 같은 대체 동력원에 대한 실험을 하고 있다. 그리고 심지어 항공사들은 향후 수십 년 동안 탄소 중립이 될 것이라는 희망으로 지속 가능한 연료원에 전념하고 있다. 이러한 노력은 승객과 화주 모두 환경에 미치는 영향에 대한 우려가 커짐에 따라 훨씬 더 많은 고객을 끌어들이 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

### 3. 당면 과제 분석

철도가 확장되고 성장하려면 자체 탄소 발자국을 줄이려는 승객과 화물 고객들을 계속 끌어들이야 한다. 이러한 노력을 위해서는 철도 운영자가 직접 또는 간접적으로 책임을 지는 세 가지 유형의 탄소 배출에 걸쳐 진전을 이루어야 한다(참조 2 참조).

- scope 1: 탄소 배출은 철도 회사가 열차, 현장 기계 및 건물에서 직접 탄소를 배출하는 것을 포함한다. 주로 기관차와 회사 자동차, 트럭에 동력을 공급하는 화석 연료를 통해 생산된다.
- scope 2: 탄소 배출은 기관차뿐만 아니라 행정 운영, 기차역 운영, 유지보수 및 기타 활동을 지속하는 데 사용되는 비재생 전력 구매를 통해 간접적으로 창출된다.
- scope 3: 탄소 배출량에는 기관차 및 철도 차량 생산에서 발생하는 상류 배출량 및 철도 인프라 건설과 같은 철도 회사의 가치 사슬에서 발생하는 기타 간접 GHG 배출량이 포함된다.



자료 2. 철도회사는 전체 밸류체인에서 그들의 GHG 배출을 고려해야 한다.

철도 회사들은 가치 사슬 전반에 걸쳐 온실가스 배출량을 줄이기 위해 몇 가지 수단을 동원할 수 있다. 그들은 기관차에 더 깨끗한 대체 구동 기술을 배치하고, 운행 시 에너지 효율성을 개선하며, 현재 자산의 활용도를 극대화하는 세 가지 방법으로 scope 1단계에서 배출량을 줄일 수 있다. 철도 네트워크, 건물 및 기타 활동을 위해 구입한 재생 에너지 비율을 높이고 기관차 드라이브 청소, 효율성 향상 및 자산 활용도를 통해 scope 2단계의 배출량을 줄일 수 있다. 기업은 가치 사슬 전반에 걸쳐 지속 가능성을 적극적으로 홍보함으로써 업스트림 및 다운스트림 Scope 3단계에서 배출량을 모두 줄일 수 있다.(자료 3 참조).

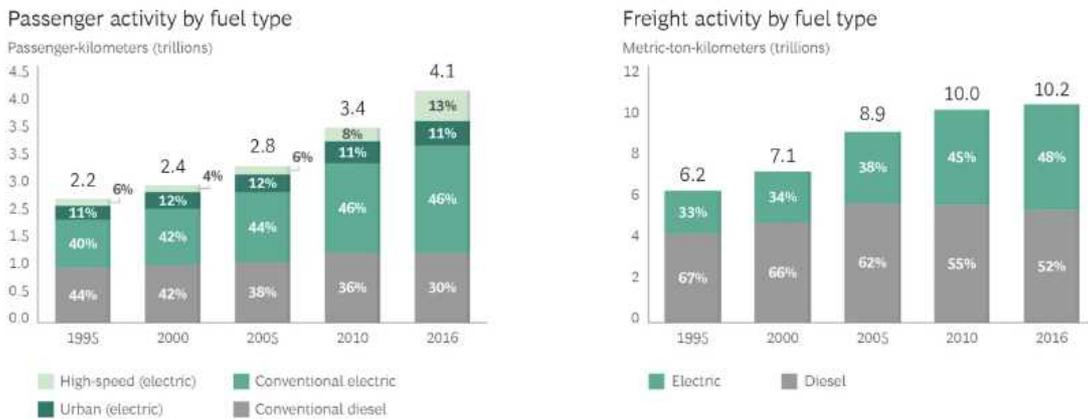


자료 3. 철도회사의 탄소배출 저감 단계

### 1) 레버 1: 전기화 및 대체 드라이브

국제에너지기구(IEA)에 따르면 2020년 세계 철도산업이 소비하는 에너지의 55%는 디젤 (이 중 85%는 열차에 동력을 공급하는데 사용), 44%는 전기, 1%는 바이오 연료에 의해 생산된다. 따라서 디젤 연소 시 발생하는 범위 1 배출량(연간 약 3억 톤의 GHG 배출량)을 줄이는 것은 업계의 지속가능성 노력에 매우 중요하다. 2050년까지 세계 철도가 제로(0)에 도달하려면 재생 가능한 전기나 다른 형태의 추진력을 대체하면서 디젤 사용을 전체 에너지 사용량의 4%로 줄여야 한다.

이미, 사업자들은 전기화로 전환하고 있다. 2016년 기준으로 전기 기관차는 승객-km 주행의 70%, 화물-km 운송의 48%를 담당한다(자료 4 참조). 그러나 전 세계에서 디젤 기관차의 점유율은 여전히 높다. 서유럽과 아시아의 모든 열차의 약 50%는 디젤 동력이고, 75%는 중동과 아프리카에서, 그리고 99%는 아메리카에서 위압적인 것이다.

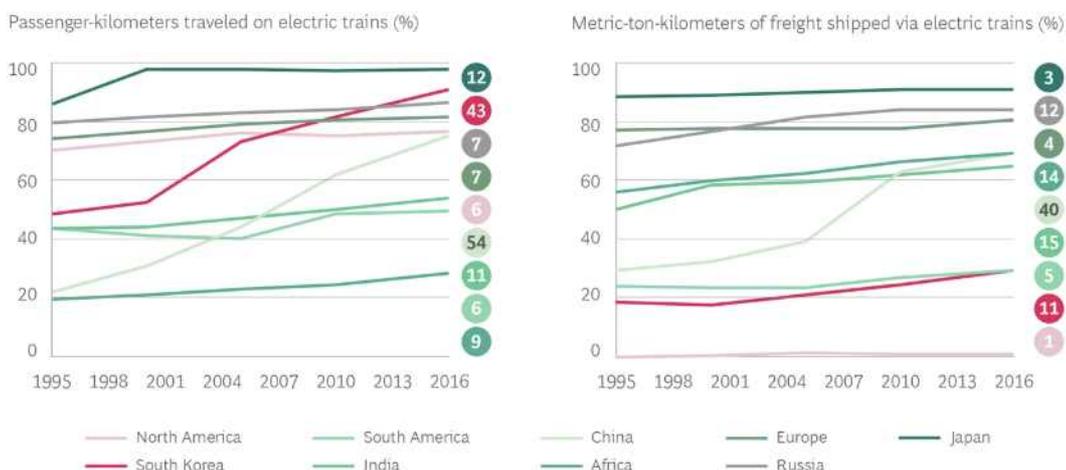


자료 4. 철도산업의 여객 및 화물의 전기화 추세

따라서 업계의 Scope 1 배출량을 줄이는 첫 번째 지렛대는 Scope 2 배출량을 늘리지 않기 위해 재생 가능 에너지로 구동해야 하는 전기 기관차의 사용을 계속 늘리거나 새로운 드라이브 옵션을 개발하는 것이다.

많은 철도 사업자들이 전기화를 향해 나아가고 있지만, 속도는 나라마다 상당히 다르다 (자료 5 참조). 아시아와 유럽의 국가들은 전기화된 승객과 화물 킬로미터에 대한 그들의 점유율을 크게 증가시켰고, 몇몇 국가들은 전기화를 그들의 순 제로 운송 계획의 중심지로 삼고 있다. 예를 들어, 중국의 경우 2000년 약 20%였던 전철화 선로의 점유율이 2019년 약 70%로 급증했다. 그리고 2021년에 시작된 독일의 Electrification Plus 프로그램은 국가 철도망의 100%가 전기 또는 기후를 통해 중립적으로 이동하도록 보장하기 위해 노력하고 있다.

Share of rail activity on electric trains, 1995–2016



자료 5. 나라별 철도산업의 전기네트워크화 속도

그러나 다른 곳에서는 철도망을 전력화하려는 노력이 계속 지연되고 있다. 이는 특히 거리가 길고, 전기에 필요한 인프라가 매우 희박하게 흩어져 있으며, 전기는 엄청나게 비쌀 수 있는 지역에서 더욱 그러하다. 예를 들어, 미국 철도 협회는 미국의 14만 마일의 화물 라인을 전기화하는 것은 트랙 마일당 수백만 달러의 비용이 들 것이라고 추정한다. 그리고 24,000대의 디젤 기관차 중 절반만 교체해도 1,000억 달러에 가까운 비용이 들 것이다.

실제로 2019년 기준 전 세계 17만대 기관차 설치 거점의 68%를 디젤 기관차가 차지하고 있다. 전기 기관차가 디젤 기관차보다 훨씬 비싸고 많은 지역에서 사용할 수 없다는 점을 감안할 때, 그것들을 모두 교체하는 것은 너무 비용이 많이 들 것이다. 간단히 말해서, 추가 네트워크 전기화는 공공 및 민간 투자의 조합을 통해 이미 전기화가 정착된 지역에서 발생할 가능성이 높지만, 다른 지역에서는 실행 가능하지 않다.

완전한 전기화가 디젤 배기가스 문제에 대한 유일한 해결책은 아니다. 예를 들어 디젤-전기 기관차는 자체 디젤 동력이나 가능한 경우 전기식 선로에서 운행할 수 있다. 하이브리드 기관차는 더 작은 디젤 엔진과 여분의 에너지 또는 회생 제동으로 인한 에너지로 연료를 공급하는 충전식 저장 시스템에 의존한다. 그러나 두 가지 유형 모두 전기 기관차의 배출량을 전혀 제공하지 않는다.

또 다른 유망하지만 아직 매우 미숙한 옵션은 동력원으로 수소 가스(H<sub>2</sub>)를 사용하는 것이다. 그러나 산업의 탄소 배출량을 줄이는 데 성공하느냐는 몇 가지 요인에 달려 있다. 첫 번째는 안전하고 합리적인 비용으로 수소를 생산, 유통, 저장하는 데 필요한 기술과 인프라를 개발하는 것이고, 두 번째는 수소로 기관차를 구동하는 실용적이고 경제적으로 실행 가능한 방법을 개발하는 것이다.

H<sub>2</sub>는 현재 다양한 방법으로 생산되고 있다. "회색 수소"는 이산화탄소를 대기 중으로 방출하는 과정인 공급 원료로 천연 가스를 사용하여 생산된다. 청색 수소는 동일한 과정을 통해 생성되지만, 생성된 이산화탄소는 탄소 포획을 통해 격리된다. 가장 깨끗한 '녹색 수소'는 재생 가능한 전기를 이용해 물을 전기분해해 생산된다. 2019년 말까지 발표된 사업 수로 미루어 2028년까지 세계적으로 400만 톤의 청색·녹색 수소가 생산될 것으로 추산된다.

그것은 여전히 세계의 필요를 충족시키기에 충분하지 않을 것이다. 가격은 높은 수준을 유지할 것으로 예상되며, 녹색 수소는 2030년까지 경제적으로 생존할 수 있을 것으로 예상되지 않으며, 철강 제조와 같은 다른 산업은 사용 가능한 H<sub>2</sub>를 놓고 경쟁할 것이다.

추가적인 장벽이 남아 있다. 수소 보급과 저장, 철도 보급에 필요한 인프라와 마찬가지로 실용적인 추진 기술은 여전히 개발 중에 있다. 간단히 말해서, H<sub>2</sub>를 업계에 현실로 만들기 위해서는 상당한 자본 투자가 필요할 것이다.

이러한 어려움에도 불구하고, 몇몇 수소 동력 철도 프로젝트가 현재 진행 중이다. 예를 들어, 수소 기관차는 이미 독일에서 운행 중이다. 알스톰과 산업용 가스 회사인 린데의 공동 노력으로, 코라디아 아이린트는 네덜란드와 유럽 연합의 다른 지역으로의 확장을 계획한 정기 승객 운행에서 그러한 종류의 첫 번째 열차이다.

대체 드라이브 기술은 탄소 배출량을 줄이기 위한 업계의 노력에 매우 중요하다. 그러나 전환에는 시간이 걸릴 것이며, 운영자는 전환을 가장 잘 관리하는 방법을 신중하게 고려해야 한다.

## 2) 레버 2: 에너지 효율성 향상

철도 업계는 추가적인 전기화와 혁신적인 새 드라이브를 구현하는 것 외에도 보다 효율적인 에너지 사용을 통해 스코프 1 배출량을 줄일 수 있다. 철도 운영자는 효율성을 높이기 위한 6가지 방법을 고려해야 한다.

- **운전자 조작:** 각 운전자가 스로틀과 브레이크를 사용하고 속도를 관리하는 방법에 따라 운전자들이 운행하는 열차는 매우 다른 양의 에너지를 소비한다. 운전자들에게 모범 사례를 교육하고, 더 나은 운전을 장려하고, 특정 경로에 대한 운전 팁을 제공함으로써, 운전자들은 에너지 비용을 최대 10%까지 줄일 수 있다.
- **작동 소프트웨어:** 최근 디젤 및 전기 열차의 운영을 최적화하기 위해 많은 디지털 도구가 구현되었다. 예를 들어 왓텍의 트립 옵티마이저는 트립마다 최적의 속도, 스로틀, 제동력을 계산해 연료소비를 최소화하는 스마트 시스템이다. 그것은 디젤 기관차의 연간 연료 소비량을 32,000갤런, CO<sub>2</sub> 배출량은 365톤 이상, 질소 배출량은 3.7톤까지 줄일 수 있다.

- **공기역학:** 기관차 및 철도 차량의 개선된 설계를 통해 항력을 크게 줄이고 에너지 소비를 줄일 수 있다. 알스톰, 봄바디어, 지멘스의 새로운 디자인은 에너지 소비를 30%까지 줄여준다.
- **새로운 재료:** 새로운 복합 재료와 모듈식 설계의 조합은 에너지 소비를 훨씬 더 줄일 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 유럽연합의 Shift2Rail 프로젝트에 따라, 연구자, 엔지니어링 회사, 그리고 공급자로 구성된 컨소시엄은 무게를 줄이면서 더 많은 승객을 위한 공간을 추가하기 위해 만들어진 차세대 기차를 개발하기 위해 일하고 있다.
- **메카트로닉스 양성:** 에너지 효율을 크게 높이기 위해 기계, 전기 및 컴퓨터 공학을 결합한 새로운 시스템이 설계되고 있다. ABB, Siemens 등이 생산한 이 시스템은 회생 제동과 새로운 추진 메커니즘 덕분에 더 깨끗해졌다.
- **보조 시스템:** 안전 조명에 LED를 사용하고 에어컨에 천연 냉매를 사용하는 등 비핵심 활동에서 에너지 소비를 줄이기 위한 다양한 옵션이 제공되고 있다.

### 3) 레버 3: 자산 활용률 극대화

철도 운영자와 인프라 제공업체는 더 효율적인 자산 활용과 건설 관리 및 유지보수 활동 개선을 통해 추가적인 에너지 절감 효과를 얻고 scope 1 배출량 감소를 달성할 수 있다. 옵션은 다음과 같다.

- **지능형 인프라:** 여기에는 네트워킹 기술을 사용하여 신호와 전환을 자동화하는 다양한 디지털 시스템이 포함되므로 (예를 들어 선로의 장애물로 인해 발생하는) 지연과 중단을 줄일 수 있다. 정부 자금 덕분에, 독일과 스위스의 특정 노선에서 이러한 "디지털 연동" 시스템은 이미 현실화되고 있다.
- **현명한 건설 계획:** "디지털 트윈" 및 데이터 기반 프로젝트 관리 소프트웨어와 같은 기술을 사용하여 주요 건설 프로젝트를 모델링 및 관리하고 예산에 맞게 제때 완료할 수 있다.
- **디지털 인프라 유지 보수:** 사물 인터넷, 5G 데이터 전송, 인공지능, 드론 및 기타 유사한 도구와 결합된 조건 기반 및 예측 유지보수 소프트웨어는 자산 다운타임을 크게 줄이고 인프라 활용도를 극대화할 수 있다.
- **디지털 열차 운행:** 다양한 데이터 기반 디지털 시스템은 차량 관리, 시간표 작성, 배차 및 연결, 운전자 지원 등 열차 운영의 여러 측면을 자동화할 수 있다.
- **디지털 보안 서비스:** 소프트웨어 제공업체는 이제 인사 계획 프로세스의 엔드 투 엔드 디지털화와 자동화를 제공하기 위한 다수의 수요 예측 및 승무원 관리 시스템을 제공한다. 이러한 도구를 사용하면 수리, 시공 및 승무원 스케줄링 및 파견과 같은 작업을 최적화할 수 있다. 최신 소프트웨어로 무장한 철도 제공업체는 교착 상태, 장기 체류 시간 및 기타 지연을 피할 수 있다.
- **디지털 차량 유지 관리:** 데이터 기반 시스템은 예측 및 상태 기반 유지보수 기술과 예비 부품을 자동으로 보충하여 차량 유지보수를 최적화할 수 있다.

- **더 긴 열차:** 철도 사업자들은 특히 북미의 주요 화물 사업자들 사이에서 점점 더 긴 열차를 이용하려고 하고 있다. 유럽도 더 긴 기차의 혜택을 받을 것이다. 실제로 최대 1,500m의 열차를 배치하면 대륙의 주요 회랑에 처음에는 제한되더라도 트럭에 비해 철도의 경쟁력이 크게 향상될 것이다. 열차 차량을 추가하면 생산성과 효율성을 높이고, 자원을 더 잘 사용하며, 연료 절감 효과를 얻을 수 있다. 그러나 이 전략에는 인프라 업그레이드에 대한 대규모 투자가 필요하며 유지 보수비용이 증가할 수 있다.

#### 4) 레버 4: 재생 가능한 에너지로 전환

언급했듯이, 세계 철도 산업이 배출 제로 목표를 달성하려면, 기관차의 훨씬 더 큰 전기화를 달성해야 한다. 그러나 전기화를 유지하고 증가시키기 위한 최선의 노력도 산업이 사용하는 전기가 화석 연료에 의해 계속 생산된다면 레일의 지속 가능성을 크게 높이지 않을 것이다. 석탄으로 생산된 전기로 기관차를 운행하면 디젤 기관차만큼 많은 GHG 배출이 발생하지만 천연 가스의 절반에 불과하다. 그리고 심지어 가장 전기화된 철도망도 여전히 주로 화석 연료에 의존하고 있다. 예를 들어 일본과 인도 모두에서 80%가 그렇다.

철도 사업자가 스코프 2 배출량을 줄이려면 주로 수력, 태양광, 풍력 등 재생 가능 자원으로부터 나오는 전기의 비중을 크게 늘려야 한다. 그리고 철도 사업자들이 그렇게 할 수 있는 방법은 오직 두 가지뿐이다: 더 많은 재생 에너지를 구매하거나 그들 스스로 생산하는 것이다.

몇몇 사업자들은 이미 더 많은 재생 가능한 전기를 구매하기로 약속하고 있다. 예를 들어, 독일의 경우 도이체 반이 향후 15년 동안 암롬뱅크-서부 해상 풍력 발전소에서 연간 190기가와트의 전력을 구입할 계획이다. 그리고 프랑스의 SNCF 에너지는 2023년에 문을 여는 20메가와트 태양광 발전소에서 생산되는 25기가와트의 재생 가능 에너지를 구매하기 위해 EDF 리뉴너블과 20년 계약을 체결했다.

영국에서, 철도 인프라의 주요 소유자인 네트워크 레일은 2030년까지 100% 재생이 가능 해지기를 희망한다. 이를 위해 태양광과 풍력 발전기를 건물과 인프라에 직접 연결하는 한편 제3의 태양광과 풍력 발전소에서 직접 에너지를 구매하는 작업을 진행하고 있다. 지금까지, 이 회사가 (기관차를 제외한) 운영에 전력을 공급하기 위해 사용하는 모든 전력은 재생 가능한 자원으로부터 공급된다.

이와 유사하게, 일본 최대의 철도 사업자인 JR동일본은 재생 가능한 전기를 구입하는 것뿐만 아니라 자회사와 협력하여 자체 재생 에너지원을 개발함으로써 2051년까지 순배출량을 달성하는 것을 목표로 하고 있다. 이미, 그것이 사용하는 전기의 4분의 1이 재생가능하게 생산된다.

다른 운영자들은 스스로 문제를 해결하고 있다. 캐나다 퍼시픽 철도는 캘거리 본사에 전기를 공급하기 위해 태양 에너지 농장 시설을 건설했고, 인도 철도는 2019년에 첫 번째 완전 태양광 철도 구간을 운행하기 시작했다.

#### 5) 레버 5: 밸류체인을 탈탄소화

철도 산업의 간접적인 scope 3 배출량(주로 상류 공급업체에서 생산되는 배출량)은 전체

탄소 배출량의 상당 부분을 차지한다. 이러한 배출량을 줄이기 위해서는 세계 철도 생태계의 모든 참여자들이 함께 노력해야 한다. 여러 사업자는 이미 다음과 같은 산업 가치 사슬 전체의 배출량을 측정하고 줄이는 데 필요한 조치를 취하고 있다.

- **투명화 창출:** 가치 사슬 전반에 걸쳐 GHG 배출의 기준선을 구축하는 사업자는 세 가지 배출 범위에 대한 감축 목표를 설정하고 진행 상황을 공개적으로 보고할 수 있다. 이 데이터를 공유함으로써 사업자는 화주와 공급업체가 자체 배출량을 줄이도록 장려할 수 있다. 일례로 화물운송사업자인 브라질의 MRS는 트럭에서 철도로 이동하는 배출가스 저감 잠재력을 보여줌으로써 고객을 끌어들이기 위해 상용 도구로 사용하는 계산기를 개발했다. 비즈니스 이점 외에도, 계산기는 고객과 공급업체 간의 배출에 대한 논의를 자극한다.
- **CO2 감소를 위한 최적화:** 철도 및 인프라 운영자는 자체 제품과 공급업체의 탄소 발자국을 줄이기 위해 일할 수 있다. 지속 가능한 소싱 전략에 초점을 맞추면 이러한 노력을 공급망 전반으로 확장할 수 있다. 벨기에 레일의 인프라 관리자인 인프라벨은 최근 유황 콘크리트로 만든 슬리퍼를 깔았는데, 이 슬리퍼는 전통적인 슬리퍼보다 비용이 적게 들고 생산 과정에서 배출되는 배출량이 상당히 적다. 스위스의 국영 철도 회사인 SBB는 플랫폼 건설에 재활용 아스팔트를 혼합하여 사용해 왔다. 아스팔트 대신 이 혼합물을 사용하면 SBB가 새 아스팔트 생산 시 배출되는 GHG의 25%를 피할 수 있다.
- **공급업체 참여:** 배출량 데이터와 공급업체의 데이터를 통합함으로써 사업자는 명확한 배출량 기반 조달 표준을 정의하고 공급업체의 성과를 추적하여 자체 배출량을 해결 하도록 장려할 수 있다. 예를 들어, 영국의 네트워크 레일은 스코프 3 배출량의 3분의 2가 자본재 외에 구입한 재화와 서비스에서 나온다고 판단했다. "사업자의 범위 3 배출량의 4분의 3을 책임지는 공급업체가 2025년까지 자체 과학 기반 목표를 설정하게 될 것으로 기대한다."
- **산업 생태계 내에서 작업:** 범위 3 배출량 감소는 운영자, 인프라 제공자, 공급업체 등 전체 철도 생태계의 책임이다. 전 부문이 함께 협력하여 기준을 설정하고 지속 가능한 조달 관행을 준수함으로써 생태계 전반에 걸쳐 지속 가능성을 개선하기 위한 수요 측면의 압력을 창출해야 한다. 2015년 6개 주요 철도 사업자가 공급망 전반에 걸쳐 지속 가능성을 촉진하기 위해 레일스폰서블을 공동 설립했다. 이 컨소시엄의 회원국은 15개 사업자와 공급업체로 성장했으며, 500억 유로 이상의 조달 지출에 해당하며, 이 중 44%는 레일 스폰서블의 지속 가능한 조달 계약에 속한다.
- **조직의 활성화:** 운영 수준에서 지속 가능성을 구현하려면 내부 인센티브를 조정하고 프로세스를 관리하기 위한 거버넌스 메커니즘을 재고해야 한다. 2040년까지 기후 중립을 이루려는 도이체 반의 전략의 일환으로, 회사는 200명의 환경 조정자를 고용하여 녹색 프로젝트의 시행을 감독했다. 이러한 코디네이터는 다른 DB 직원 및 관리자와 긴밀히 협력하여 조직 전체의 구현을 동기화하고, 환경 보호 규정을 준수하고, 환경 위험을 파악한다.

## 4. 수집 속도

다행스럽게도, 정부가 순 제로 목표를 달성하려고 할 때, 많은 사람들이 철도 운송의 성장을 장려하기 위한 정책을 세우고 있다. 예를 들어, 녹색 협정의 일환으로, EU는 모든 형태의 철도 운송에 2,600억 유로를 투자할 계획이다. 다양한 인센티브를 제공함으로써, EU는 국경 내에서 철도를 통해 운송되는 화물 비중을 현재 17%에서 2030년까지 30%로 늘리기를 희망하고 있다. 미국에서 새로 제정된 인프라 투자 및 일자리법에는 향후 5년간 여객 및 화물철도에 대한 1,020억 달러(현재 자금 지원 수준보다 870억 달러 증가)와 대중교통에만 1,060억 달러가 추가로 포함된다.

중국을 이미 세계에서 가장 큰 고속철도망을 자랑하고 있으며, 국가철도계획에 따라 2035년까지 그 설치면적을 두 배로 늘리기를 희망하고 있다. 그러나 철도망을 진정으로 지속 가능하게 만들기 위해서는 재생 에너지 사용을 크게 늘려야 한다. 마찬가지로 인도는 2030년까지 철도로 운송되는 화물 비중을 27%에서 45%로 늘리고 재생 가능한 전력을 사용하여 철도 네트워크를 완전히 전기화할 계획이다.

이러한 정부의 노력 외에도, 철도 운송의 지지자들은 철도가 본질적으로 이점을 가지고 있는 몇몇 과소 서비스 구간과 지역을 지적할 수 있다. 적절하게 관리된다면, 더 많은 금융 및 정부 지원, 그리고 가장 중요한 고객을 유치할 수 있는 상당한 잠재력이 있다. 여기에는 다음이 포함된다.

- **고속철도:** 2004년 이후 세계 고속철도망은 350% 성장했다. 그 성장의 대부분은 중국에서 이루어졌고, 그 결과는 인상적이다. 한국은 현재 전 세계 고속 통신망의 3분의 2를 자랑하고 있으며, 2004년과 2016년 사이에 승객 활동이 두 배 이상 증가했다. 그것의 성공은 특히 도시 사이의 거리가 그리 길지 않을 때, 인구가 많은 선진국에서 고속철도가 성공할 수 있다는 것을 보여준다. 다른 최근 사업으로는 모로코의 탕헤르-카사블랑카 선(350km)과 메디나와 메카를 잇는 사우디아라비아의 선(450km)이 있으며, 2018년 정식 개통됐다. 인도, 미국, 캐나다, 말레이시아, 태국, 인도네시아에 대한 추가 프로젝트가 계획되어 있다.
- **신흥국의 화물 운송:** 러시아, 캐나다, 호주, 미국과 같은 나라들은 장거리 운송의 필요성을 고려할 때 이미 화물 운송망이 잘 발달되어 있다. 비슷한 요구를 가진 신흥국들은 추가 확장의 후보가 될 가능성이 높으며, 브라질, 사우디아라비아, 인도네시아를 포함한 몇몇 국가들은 이미 이를 위한 국가 계획을 개발하고 있다. 인도의 전용 화물 회랑은 이미 두 개의 주요 회랑에 3,260 킬로미터의 추가 노선을 건설했으며, 향후 몇 년 동안 새로운 선로의 길이를 두 배 이상 늘릴 계획이다.
- **도시 지하철과 경전철:** 유럽, 중국, 일본이 도시 및 경전철 시스템의 대부분을 차지하고 있지만, 인구 밀도가 높은 국가에서는 추가 성장의 여지가 상당히 있다. 도시 철도 네트워크의 건설은 최근 몇 년 동안 빠르게 증가해 왔으며, 주로 아시아 지역에서 더 많은 것을 앞두고 있다. 미국은 2,250억 달러의 신규 프로젝트를 제안했고, 호주는 시드니와 멜버른의 시스템에 1,400억 달러를 투자할 계획이다. 사우디아라비아, 카타르, 에콰도르, 남아프리카의 시스템에 총 1,400억 달러가 추가로 배정되었다.

## 5. 철도 운행

지속 가능성, 효율성 및 유연성을 높이기 위한 철도 운송 산업의 지속적인 노력은 이미 새로운 고객(특히 화물 운송과 여객 철도)을 끌어들이기 시작했다. 그러나 고객 기반을 계속 구축하고 지구 온난화와의 싸움에 더 많이 기여하기 위해서는 업계 5개 주요 이해 관계자의 지원이 필요하다(자료 6 참조).



자료 6. 철도산업의 활성화를 위해 다양한 콜라보가 필요하다.

- 정책 입안자들:** 정부는 산업의 성장을 지속하는 데 필요한 정책, 자금 및 인센티브를 제공하는 데 중심이 될 것이다. 철도를 보다 효율적이고 지속 가능한 교통수단으로서 뿐만 아니라 국가적인 지속가능성 목표를 달성하기 위해 국가 차원의 정책과 계획이 필요하다. 정책은 철도 부문에 대한 명확한 목표를 포함해야 하며, 철도가 땅을 덜 사용하고, 사고를 덜 일으키며, 소음 공해와 혼잡을 덜 발생시킨다는 점을 고려할 때, 공정한 경제 경쟁의 장을 보장해야 한다. 예를 들어, EU 전역의 정부는 화물 운송을 위한 철도 사용을 촉진하기 위해 선로 접근 수수료를 줄이고 항공 및 자동차와 같은 오염도가 높은 산업에 추가 사용료와 세금을 도입했다. 직접적인 정부 보조금은 미국, 중국, 사우디아라비아를 포함한 많은 나라에서 철도를 지원하는 데 도움을 주었다. 그러나 적절한 자금 조달은 중요하다. 철도는 매우 자본 집약적인 사업이다. 보조금 외에도, 정부는 주요 철도 프로젝트에 필요한 자본을 제공하기 위한 자금 조달 메커니즘을 구현할 수 있다. 공적 자금은 특정 브라운필드 및 그린필드 프로젝트에 배정될 수 있으며, 정책 입안자들은 민간 자본 투자를 늘리기 위한 올바른 인센티브를 창출하는 데 도움을 줄 수 있다. 예를 들어, 항공 여행에 대한 프랑스의 "에코타세"는 모든 항공편의 가격에 1.5에서 18유로를 더하는 것으로 연간 1억 8천만 유로 이상을 모금할 것으로 예상되며, 그 자금은 주로 철도를 비롯한 친환경 운송에 재투자될 것이다. 미국에서는 바이든 행정부의 인프라 법안이 여객 및 화물철도 업그레이드를 위해 680억 달러를 책정하고 있다. 그리고 언급한 바와 같이, EU의 그린딜은 2030년까지 철도 화물 운송 비율을

30%로 증가시키기 위한 투자를 제안한다.

정부는 또한 직접 입법을 통해 철도 의제를 추진할 수 있다. 예를 들어, 그들은 인프라 소유자들이 경쟁을 장려하기 위해 시스템에 대한 제3자의 접근을 늘리도록 장려할 수 있다. 그리고 입법자들은 예를 들어, 새로운 철도 프로젝트와 정책 변화를 늦추고 인허가 및 승인 과정을 원활하게 하는 관료주의적 관료주의를 타파하는 법을 제정할 수 있다. 브라질은 최근 철도 규제 및 기타 조치의 간소화를 통해 민간 투자를 촉진하고 인프라 개발을 촉진하기 위해 고안된 법안을 통과시켰다. 이에 따라 투자가 크게 늘어날 전망이다. 정부는 또한 철도의 성장과 사용을 직접적으로 장려하는 많은 방법들을 가지고 있다. 보조금은 운전자, 화주 및 승객 모두를 위한 철도를 촉진하는 데 사용될 수 있으며, 지속가능성이 낮은 다른 대안들에 비해 운송 방식의 경제적 경쟁력을 높일 수 있다. EU의 몇몇 국가들은 회사들이 트럭이 아닌 철도로 선적하도록 장려하기 위해 철도 화물 운송의 선로 접근 요금을 인하했다. 그리고 독일의 새로운 정부 연합은 이산화탄소 배출에 대한 수수료를 지불해야 하는 트럭의 크기를 7.5 미터 톤에서 3.5 미터 톤으로 줄였다.

경쟁의 장을 더 평준화하기 위해, 정부는 오염도가 높은 운송 방식과 일반적으로 화석 연료의 사용을 저해할 수 있다. 예를 들어, 런던의 운전자들에게 부과되는 혼잡 통행료는 자동차 여행을 막고 대중교통을 지원하기 위한 기금을 모으기 위해 고안되었다. 각국은 이미 운전자의 노동시간을 규제하는 노동법, 오염도가 높은 트럭과 자동차의 수도권 접근을 제한하고 지속가능성에 따라 운송모드에 세금을 부과하는 등 트럭의 사용을 제한하려는 법을 제정하고 시행하고 있다.

- **투자자들:** 필요한 자본을 제공하고 포트폴리오 회사의 철도 사용을 장려함으로써, 개인 투자자들은 그것의 성장을 촉진하는 데 도움을 줄 수 있다. 이러한 투자 덕분에 인프라 소유자는 기존 네트워크를 유지, 업그레이드 및 확장하고 새로운 스테이션을 구축할 수 있었다. 운영자는 마찬가지로 새로운 차량을 구입하고 지속 가능성과 효율성을 높이기 위해 기술을 추구할 뿐만 아니라 유지 및 업그레이드할 수 있다. 그리고 공급자는 같은 정신으로 디지털 솔루션 개발에 투자할 수 있다.

일부 투자자들은 철도 사업자들을 노골적으로 매입하고 있다. 2019년 브룩필드 인프라 파트너스는 싱가포르의 GIC와 함께 21,000km가 넘는 소유 및 임대 트랙을 가진 북미 및 유럽의 화물 서비스 제공 업체인 제네시 & 와이오밍을 인수했다. 84억 달러의 거래는 브룩필드가 부분적으로 다른 포트폴리오 회사들이 회사의 화물 네트워크를 통해 상품을 선적하도록 장려함으로써 그것의 순 제로 인프라 목표를 추진할 수 있게 할 것이다.

개인 투자자들도 위험을 관리하고 수익을 강화할 때 지속 가능한 투자 포트폴리오를 갖는 것의 중요성을 인식하고 있다. 포트폴리오 기업에 대한 포괄적인 배출 목표를 설정하면 공급망 전반에 걸쳐 철도와 같은 지속 가능한 옵션의 사용을 늘릴 수 있다.

- **공급업체:** 철도의 고객 매력을 높이기 위해 운전자 및 인프라 소유자와 협력하는 것이 업계 공급업체의 최선의 이익이다.

따라서, 그들은 지속 가능성을 높이고, 고객의 비용을 낮추고, 승차감을 개선하는 산업을 위한 제품을 개발하기 위해 협력해야 한다.

예를 들어, 알스톰은 네덜란드의 인프라 소유자 프로레일과 협력하여 완전 자동화된 열차의 실행 가능성을 입증하기 위해 자동 선로 기관차를 개발하고 있다. 지멘스와 도이체반은 전기화되지 않은 노선의 열차에 동력을 공급하기 위해 수소를 사용하는 것을 시험하고 있다. 도이체반은 또한 디지털 자동 커플링을 개발하고 테스트하기 위해 화물 운송 사업자, OEM 및 주요 엔지니어링 공급업체의 컨소시엄을 이끌고 있다. 이 기술은 연결 과정을 자동화함으로써 열차가 더 빠르고 유연하게 조립될 수 있도록 하여 노동자들의 위험을 줄이고 유럽 전역에서 철도의 경쟁적 위치와 시장 점유율을 높일 것이다.

- **인프라 소유자:** 새로운 철도 네트워크를 구축하고 현재 네트워크의 활용도를 높이는 것은 철도의 운송 비중을 확대하기 위한 중요한 조치이다. 화주들과 승객들은 물건을 옮기거나 그들이 원하는 장소와 방법을 여행할 수 있는 유연성을 가져야 한다. 이를 위해서는 새로운 인프라 프로젝트를 개발해야 한다. 고밀도 네트워크에서 새로운 라인을 개발하는 것만이 아니다. 새로운 역, 터미널, 기동 야드, 현수차 전력 시스템 및 재생 가능한 에너지원도 필요할 것이다.

동시에 소유자는 기존 인프라의 활용도, 효율성 및 전체 성능을 높여야 한다. 네트워크는 안전을 보장하고, 지속 가능성, 효율성 및 속도를 향상시키며, 승객 편의와 편안함을 증진시키기 위해 정기적으로 적절하게 유지 및 업그레이드되어야 한다. 이를 위해 소유자는 새로운 기술을 통합하여 인프라의 효율적인 사용을 개선해야 한다.

네트워크 수요를 높이는 한 가지 방법은 특히 승객과 화물 고객이 고객 이동 및 화물 물류에 대해 엔드 투 엔드 관점을 취하고 있는 지금, 멀티모달 운송 옵션의 가용성을 높이는 것이다. 오스트리아의 국철인 OBB는 기차역에서 전기 차량의 충전 포인트를 제공하고 자체 전기 자동차 공유 차량까지 개발했다. 자전거 주차장과 특수 레일카가 추가되어 자전거 이용자들의 여행을 용이하게 한다. 화물 기반 시설도 추가된 모드 간 옵션을 활용할 수 있다. 예를 들어 벨기에의 인프라벨은 국가의 지속가능성 목표를 지원하기 위해 지브루게 항구의 모달 간 연결을 개선하여 철도를 통해 이동하는 화물 비율을 늘리겠다고 약속했다.

인프라 소유자는 또한 이러한 프로젝트의 성공을 보장하기 위해 정책 입안자, 투자자, 공급업체, 운영자 및 고객과 협력해야 한다. 정기적이고 개방적인 커뮤니케이션은 화주와 승객을 유치하여 기대 수익을 창출하는 데 필요한 고객 수요를 창출하는 데 도움이 될 것이다.

- **운영자:** 철도 운영자 역시 지속 가능성, 활용도, 효율성 및 운영의 전반적인 매력을 향상시키는 데 투자해야 한다. 다른 운송 모드로부터 점유율을 얻기 위해, 운영자들은 그들의 철도 차량의 유지 보수와 현대화에 뒤처지지 않고 그들의 활동 전반에 걸쳐 더 고객 중심적인 접근법을 취할 필요가 있다.

운영자는 고객에게 가장 중요한 장소의 문제점을 제거하기 위한 전체 고객 여정을 완전히

재고해야 한다. 시간표 작성 및 배차 최적화는 승객 및 화주에게 우수한 인터페이스를 제공하고 다른 운송 모드와의 종단 간 연결성을 향상시키는 것과 마찬가지로 운영의 적시성을 향상시킬 것이다. 모바일 앱과 같은 신기술은 티켓팅 및 결제 프로세스를 간소화할 수 있으며 새로운 마케팅, 판매 및 가격 책정 노력을 통해 모든 고객에게 홍보되어야 한다. 게다가, 운영자들은 역과 터미널을 카페, 소매점, 작업 책상, 그리고 다른 편의 시설로 업데이트할 수 있다. 그리고 세계가 코로나 팬데믹에서 벗어나면서, 건강, 안전 및 청결 프로토콜을 확립하는 것이 승객들을 철도로 다시 끌어들이는 데 핵심이 될 것이다.

인프라 소유자와 마찬가지로, 목표와 성공에 대한 주요 이해 관계자들과의 적극적인 커뮤니케이션은 운영자가 시스템을 최적화하고 고객 수요를 높이는 데 도움이 될 것이다.

## 6. 구동 힘

철도의 매력에 증가했다는 증거는 전 세계적으로 찾아볼 수 있다. 특히, 화주들은 철도의 지속가능성과 유연성을 인상적인 결과로 활용하고 있다. 예를 들어, 탄소 발자국을 줄이기 위한 노력의 일환으로 영국 식료품점 테스코는 스페인에서 철도로 신선한 농산물의 상당 부분을 운송하고 있는데, 이는 65,000대의 트럭을 도로에서 빼내고 4,500톤의 GHG 배출을 줄일 것으로 예상된다.

비슷한 움직임으로 스웨덴 식료품점 쿠프는 유럽의 한 대형 물류회사와 계약을 맺고 철로(식품을 아울렛으로 운송하기 위한) 사용을 주당 10대에서 20대로 늘렸으며, 이는 매주 520대의 트럭을 고속도로에서 제거할 것이다.

보다 지속 가능한 환경을 구축하여 고객 기반을 확대하고자 하는 운영자 및 인프라 소유자는 다음 네 가지 구체적인 단계를 수행하는 것이 유용할 것이다.

- **기후 정책이 비즈니스에 미칠 수 있는 잠재적 영향을 이해하고 회사의 현재 배출 상태를 평가한다.** 배출 기준 결정, 지속적인 배출 감소 이니셔티브 검토 및 동종업체 벤치마킹을 통해 현재 비즈니스 모델의 기후 계획을 수행할 때 발생하는 위험과 과제를 이해하고 관리할 수 있다.
- **지속가능성 야망과 전략을 정의하고 원하는 미래 상태를 제공하기 위한 계획을 수립하라.** 이 단계에는 고객을 위한 지속가능성 가치 제안을 정의하고 새로운 부가가치 제품과 서비스를 개발하는 것이 포함되어야 한다. 구체적인 조치에는 특정 이니셔티브의 영향과 비용을 결정하고 기후 목표에 도달하기 위한 가장 비용 효율적인 옵션을 식별하기 위한 시나리오를 실행하는 것이 포함되어야 한다.
- **구체적인 로드맵을 정의하고 조직의 변화를 준비하는 것으로 여정을 시작하라.** 로드맵은 목표에 도달하는 데 필요한 조직 구조와 프로세스를 개략적으로 설명하고 전환을 원활하게 할 수 있는 등대 프로젝트와 신속한 승리를 포함해야 한다. 처음부터 저탄소를 위해 회사의 사람들과 문화를 쇄신하고, 문화 변화를 촉진하기 위해 프로세스를 수정해야 한다.

- 가치 사슬 전반에 걸쳐 공급업체 및 하도급업체와 제휴하여 저배출 기술 및 관행을 탐색하고 개발함으로써 전체 에코시스템에 참여한다. 환경 친화적인 산업을 촉진하기 위해 생태계 이해 관계자들과 협력한다.

## 7. 모든 시그널의 그린화

철도 운송은 지구 기후 목표를 달성하기 위해 필수적이다. 실제로, 우리가 철도의 사용과 지속 가능성을 높일 수 없다면 우리의 순 제로 목표는 달성하기 훨씬 더 어려울 것이다. 그러나 효율성과 지속 가능성에서 큰 이점을 가지고 있음에도 불구하고 철도 운영자들은 승객과 화물에 대한 고객 기반을 늘리는 것이 어렵다는 것을 깨닫고 있다. 자동차와 트럭은 주로 가격, 유연성 및 인식된 보안 우려 때문에 여행자와 화주를 계속 끌어들이고 있다.

이러한 추세를 되돌리려면 모든 주요 이해 당사자들의 공동 노력이 필요할 것이다. 그러나 철도 운영자는 철도가 이미 다른 운송 모드보다 훨씬 기후 친화적이라는 고유한 이점을 가지고 있다. 지속가능성 노력을 지속적으로 늘림으로써, 업계는 탄소 발자국을 줄이고 비용을 낮추려는 더 많은 고객들을 끌어들이는 것이다.

지속 가능한 철도가 될수록 더 많은 고객을 유치할 것이다. 그리고 더 많은 고객이 지속가능성을 개선하기 위한 더 많은 자원을 의미한다. 업계의 당면 과제는 이러한 선순환 구조를 완성하고 넓히는 것이다.

출처 : Boston Consulting Group, “Riding the Rails to Sustainability”

<https://mkt-bcg-com-public-pdfs.s3.amazonaws.com/prod/riding-the-rails-to-the-future-of-sustainability.pdf>