

ENERGINET

출력조절 – 덴마크 사례

2023년 5월

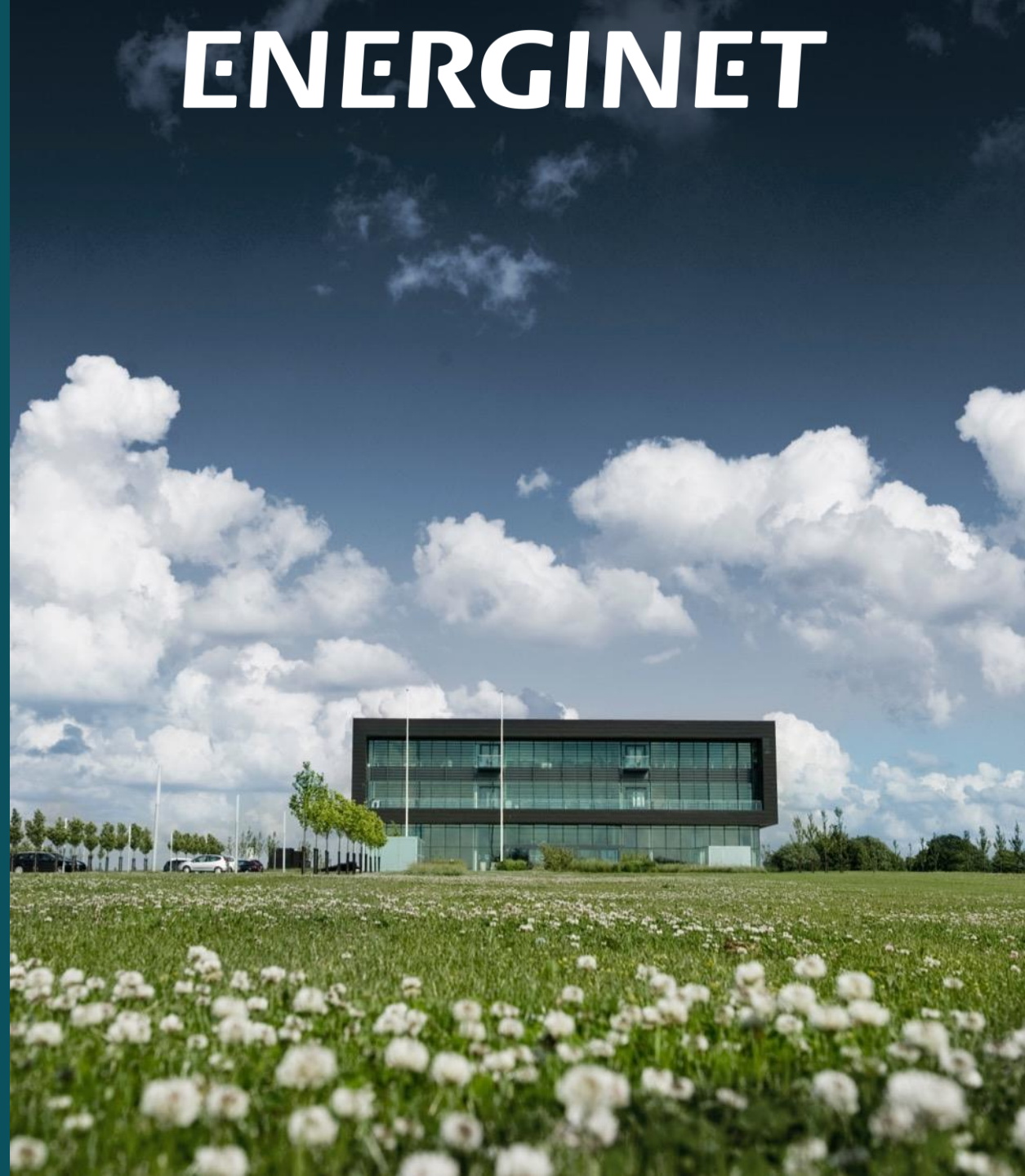
클라우드 윈터

덴마크 에네르기넷, 시스템운영부 부사장



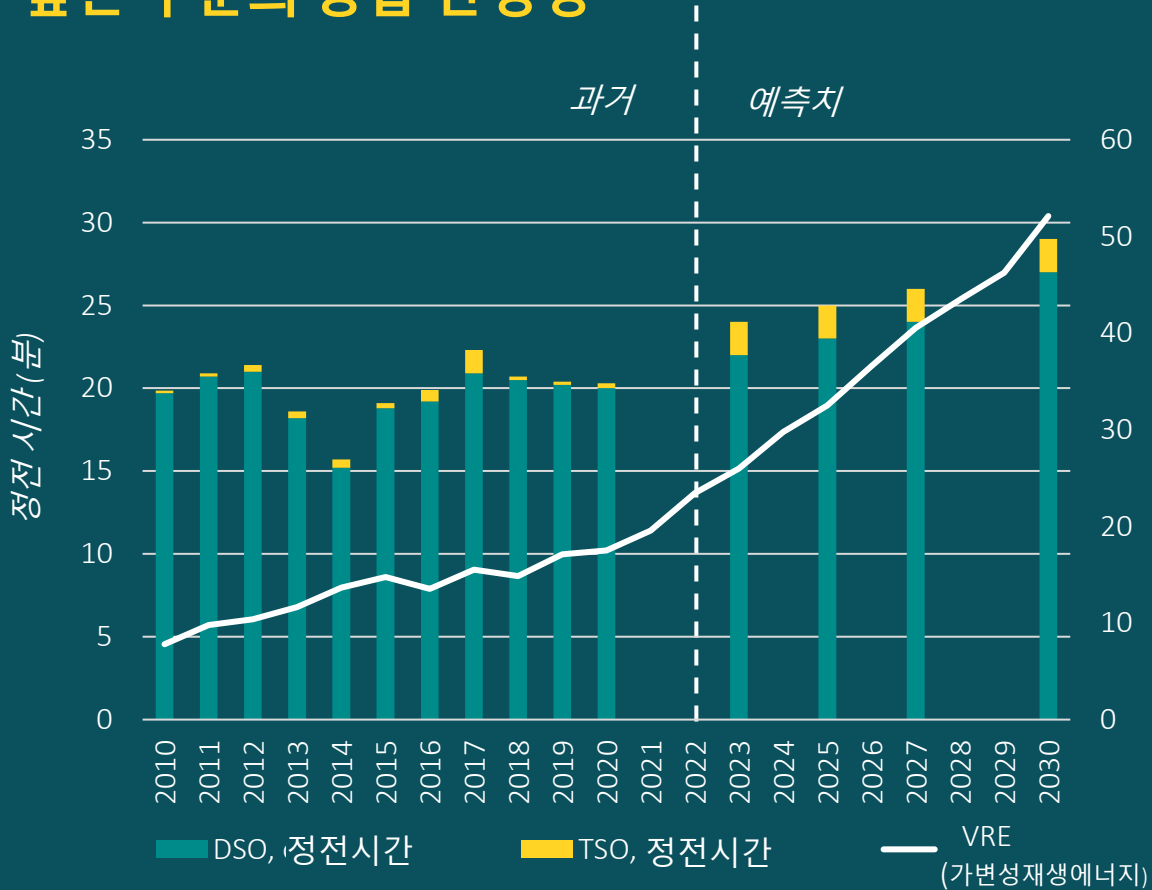
VISION

GREEN ENERGY FOR A
BETTER WORLD

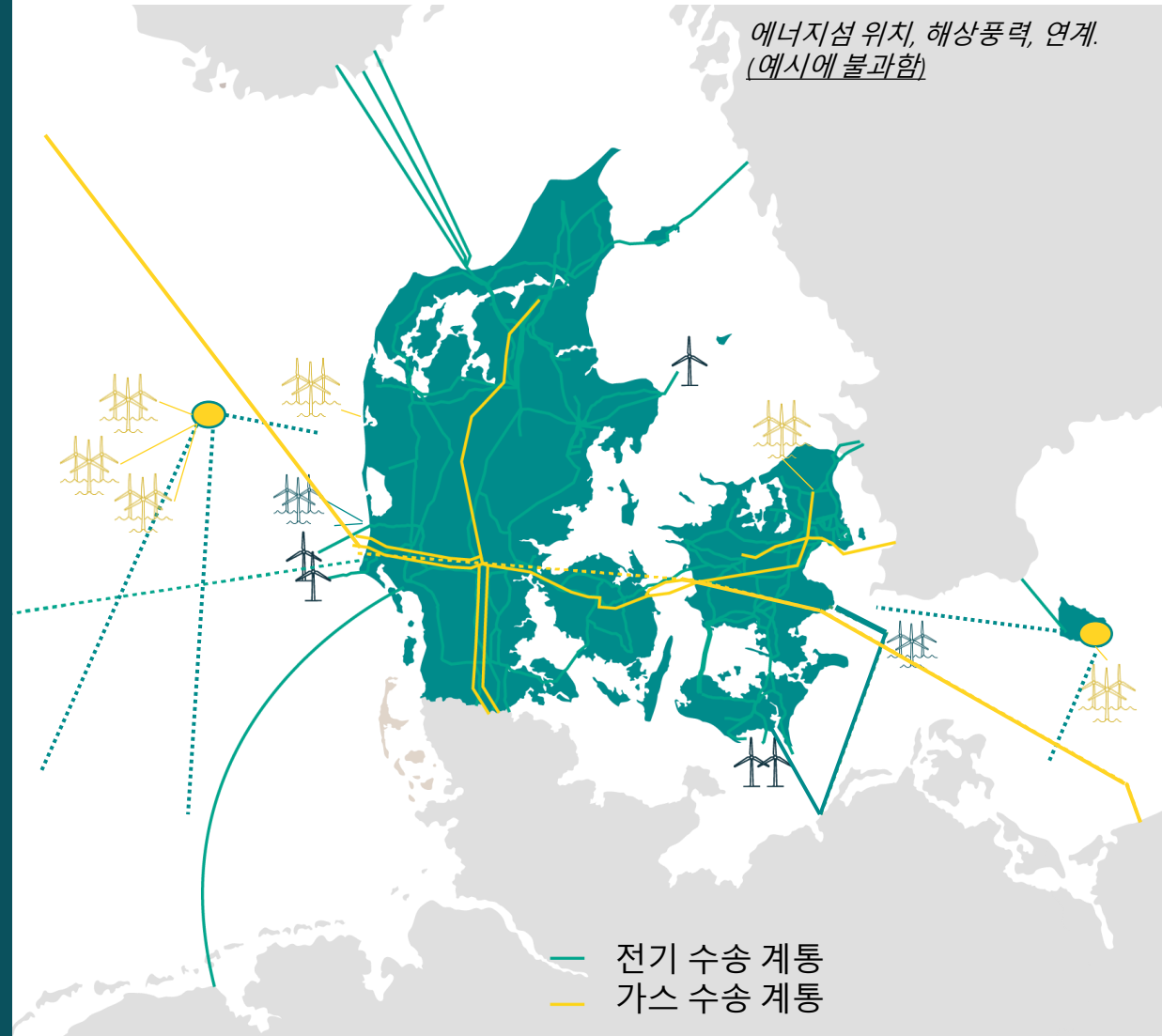


ENERGINET

100% 친환경 전력 목표를 위한 높은 수준의 공급 안정성

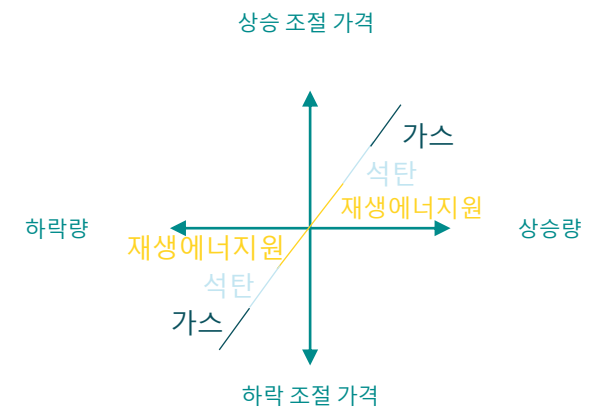
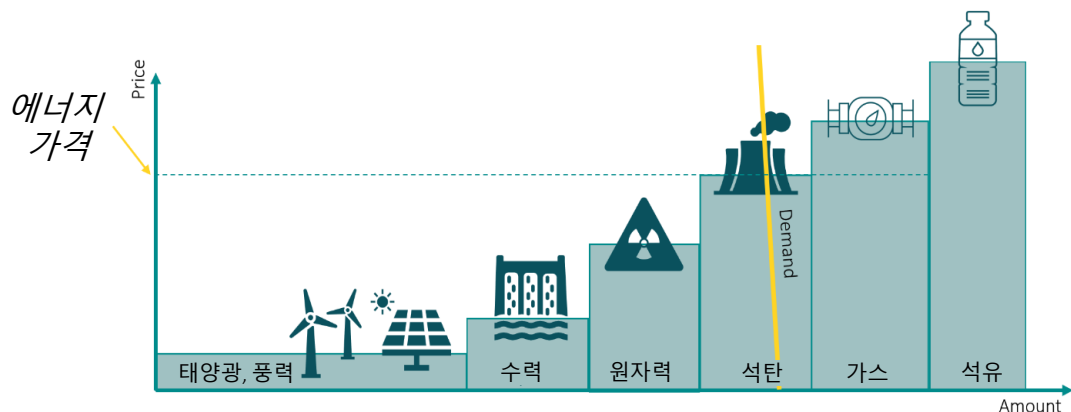


출처: 에네르기넷 공급 안정성 보고서 (2021). 덴마크에너지청: 월간 에너지 통계 및 가정사항 (에네르기넷 사용 용도) (2021)



시장 출력조정

재생에너지원 전력 과잉 생산 시 생산 제한



에너지 가격은 에너지원 별 한계 생산에 따라 정해짐 (입찰가 기준)



15분 단위 시장에서 가격이 형성됨

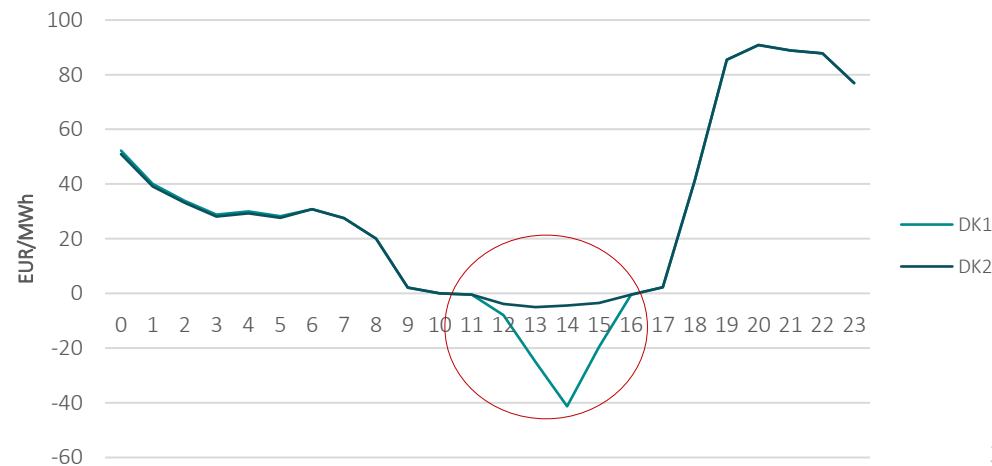


전력 생산 과잉, 보조금 지원 전력 생산 및 열병합발전소(CHP)에서 생산은 종종 **네거티브 가격**을 발생시킴



네거티브 가격은 시장 참여자들에게 출력조정 신호를 전달함

2023년 5월 21일 하루 전 시장



풍력 및 태양광발전 출력조절

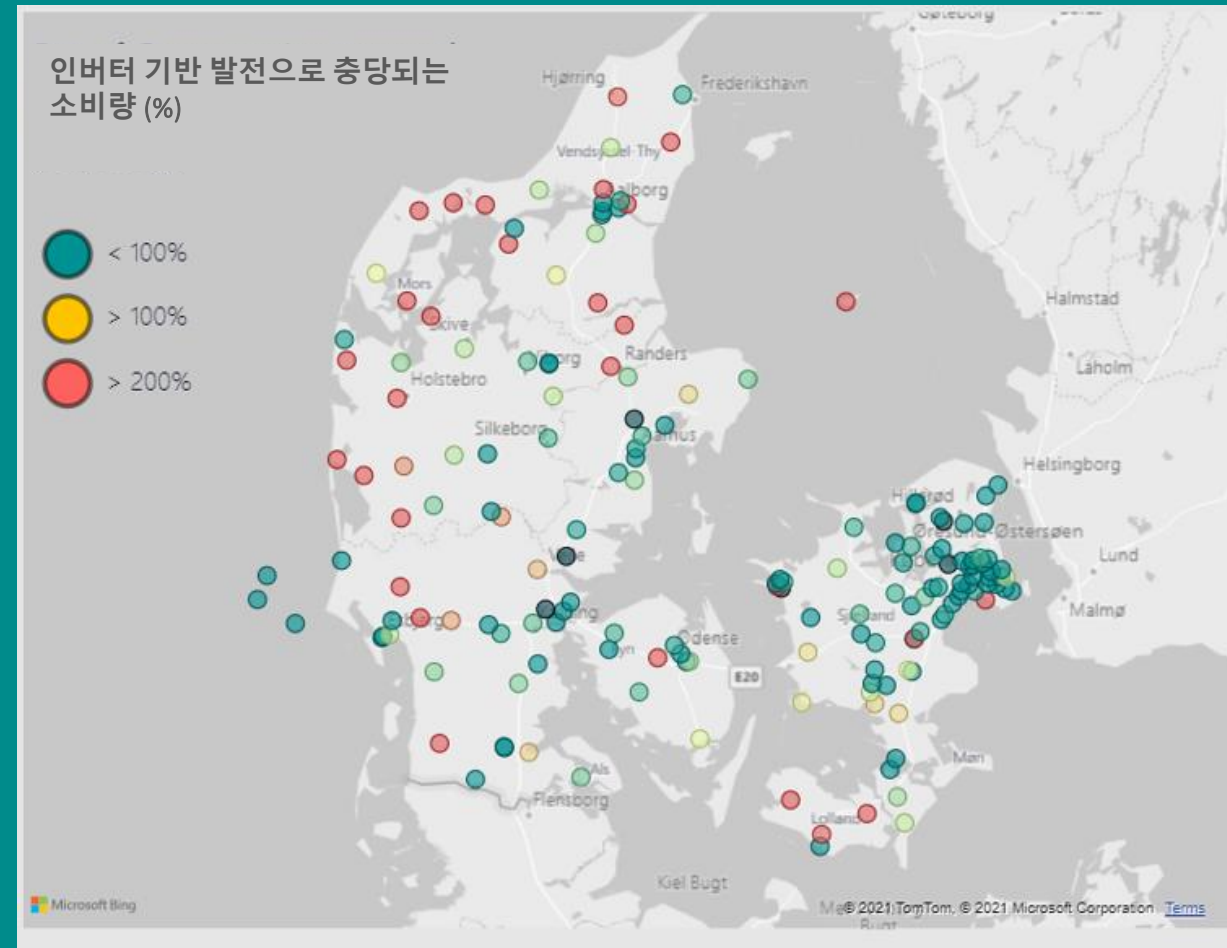
풍력/태양광 발전에 대한 강제 출력조절:
가변성재생에너지(VRE) 발전량의 1% 미만

에네르기넷의 법적 의무사항 :

- 예기치 않은 계통혼잡 발생 시, 이미 연계된 발전기에 대한 출력조절 조치에 대한 보상 지급
- 합리적 시간안에 신규 발전기 계통 연계 의무, 합의대로 접속 완료되지 않을 시 보상 지급
- 시장가격 및 예상 발전량을 토대로 출력조절 보상 지급
- 'EU 전력망 강령 및 지침' 에 기반한 기술중립적 규제

출력조절 축소 및 비용 절감을 위한 에네르기넷 조치:

- 선제적 전력 계획 – DSO(배전사업자) 참여
- 디지털화 및 예측을 통한 계통 활용 최적화
- 최저비용의 출력제어 선택 및 제반 행정비용 절감을 위해 시장 기반 툴 사용



과거 조치

- 2008년 이전: 재생 전기는 전력거래 우선 급전 대상 (EU 규정). TSO가 밸런싱(수급균형) 담당. 출력조절 발생 시 100% 보상.
- 2008년: 풍력/태양광 신설분과 기설치분을 대상으로 자체적 밸런싱 의무 부여 및 마이너스 전력가격 도입. 이에 따라 마이너스 가격이 프리미엄(보조금)보다 더 낮아질 경우, 자발적으로 VRE 생산 축소를 유도
- 2010년: 앤홀트 해상풍력단지(400MW) 입찰 조건의 일부로, 전력가격이 0 이하로 떨어질 경우, 보상없이 출력조절 의무. 기존 해상풍력단지에는 제한 없음.
- 2012년: 풍력발전사업자를 대상으로 자발적 출력 감발 및 에너지밸런싱시장 참여 도입
- 201x: DSO 지역내 VRE 구축이 송전계통에 영향을 줄 수 있기 때문에 DSO와의 협력하에 계통 혼잡 계획 수립 (110kv 미만)
- 2020년: 보조금 없이 설치된 최초의 풍력 터빈. 전기가격이 0 이하로 떨어지면서 발전 가동 중단에 대한 인센티브 마련
- 2021년: 비확정 접속형 풍력 터빈에 대한 출력조절 보상 관련 규정 업데이트. 시장가격 기반 감발 시행에 대한 규정 업데이트 (에너지밸런싱시장에서 최저가 발전기에 대해 감발 실시).
- 2021년: 계통용량 과잉 지역으로 투자를 유도하기 위해 DSO와 함께 '자원 용량 지도' 개발. 이를 통해 향후 출력조절의 필요를 사전에 방지.
- 2022년: 연계비용과 전기요금에 대한 지리적 차이 인정함으로써 고수요/저VRE생산 지역에 인센티브 제공.

현행 및 향후 방안 (경제적 녹색전환을 위해 신규 계통 및 출력조절 최소화 방안)

건설 차원의 해결방안

- 별도 다이렉트 라인 (계통 비연계) – 해상풍력 및 전해조 대상
- 신규 변전소 건설을 위해 다수 프로젝트 풀링(Pooling)
- 임시 계측기(mast) 및 다이렉트 결합

계획수립 차원의 해결방안

- 기술중립적 계통 계획수립 – 솔루션에 대한 개별 요구사항 파악
- 전력가격 및 태양광/풍력/저장/수소에 최적화된 하이브리드 계통 연결
- 향후 태양광/풍력 신규 투자에 대한 시장참여자와의 긴밀한 대화
- 연계 과정의 디지털화를 통한 투명성 제고

시장 차원의 해결방안

- 위치신호 제공 및 실제 연계비용을 반영한 요금제 개편
- 계통 혼잡 해결을 위해 '지역 유연성 자원거래 시장(LFM)' 도입
- 기술중립적 시장 인센티브에 기반한 저장

운영적 차원의 해결방안

- 예측 기반 동적송전용량(DLR)
- 관제센터내 새로운 디지털 도구 사용을 통한 실시간 정보 및 예측 개선

출력조절 보상

	100% 그리드 이용* 조건의 연계 합의	제한적 그리드 이용** 조건의 연계 합의
연결 지연	보상 O (예상 생산량에 대한 현물가)	보상 O (예상 생산량에 대한 현물가)
계획정지	보상 O (예상 생산량에 대한 현물가)	보상 X
비계획 정지	보상 O (예상 생산량에 대한 감발금액) ***	보상 X

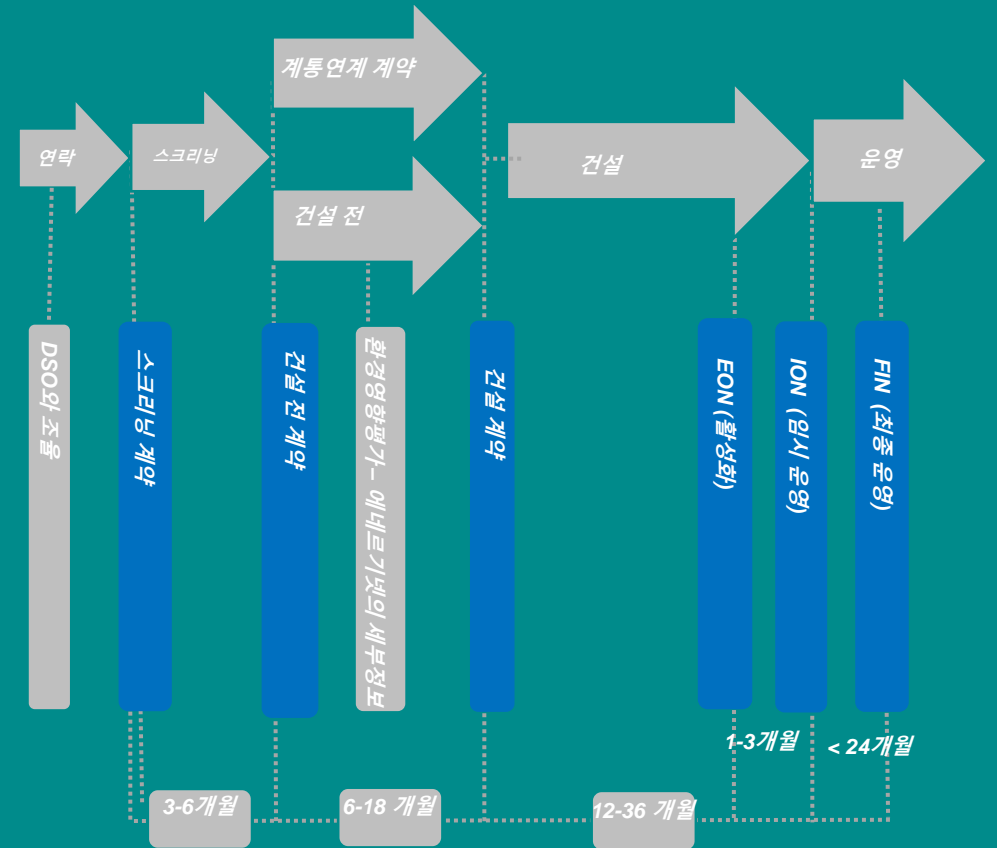
계통혼잡으로 인한 출력조절은 연간 전체풍력발전 생산량의 1% 미만

*해상풍력 입찰의 경우, 항상 100% 그리드이용 (제한적 그리드이용 선택 옵션 없음)

**투자자는 신속한 계통 연결을 위해 제한된 그리드 이용을 선택할 수 있으나, 이때 출력조절 리스크는 존재함.

***감발 가격은 보통 현물 가격보다 낮음. 2022년부터 출력조절은 에너지 밸런스 시장에서 최저비용입찰을 기준으로 함.

계통연결 프로세스



출력조절 축소, 비용 절감 및 형평성 제고를 위한 제언

- 출력조절 보상 및 예상 규모에 대한 **투명성** 확보: 투자자의 사업 개발 및 사업성 판단에 중요함
- **운영 솔루션** 도입을 통해 기존 계통 사용 최적화 (실시간 운영을 위한 디지털화 등)
- 향후 출력조절을 사전에 줄이기 위해 연계 위치 및 솔루션에 대해 충분한 **이해관계자**와의 대화
- 출력조절 비용 절감 및 관리 효율성 제고를 위해 **시장 솔루션** 사용
- **미래 에너지 시스템** 요구사항에 맞추어 요금, 계통계획, 연계 관련 규제 조정, 기술중립적 솔루션 도입

균형 잡기

