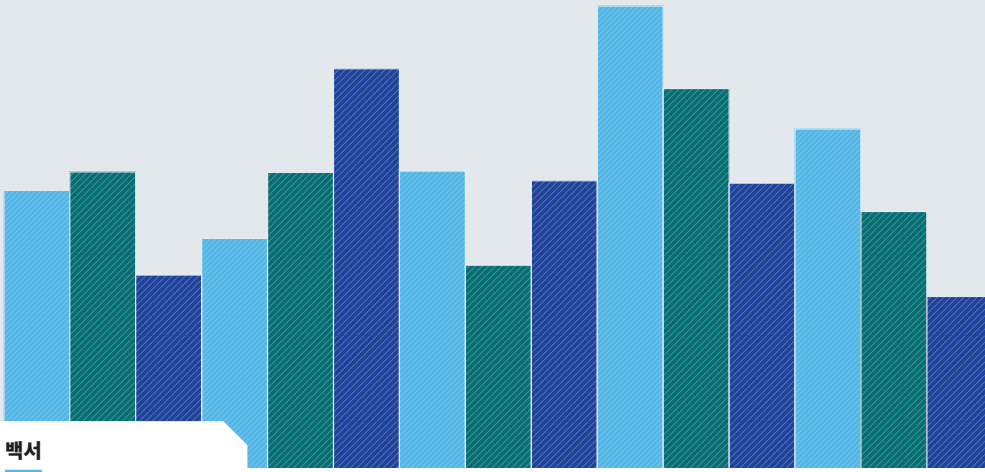




**Harvard
Business
Review**

ANALYTIC SERVICES



백서

보다 협동적인 공장 프로젝트를 위한 장벽 허물기



후원사

 **AUTODESK**

후원사의 시각

우리가 말하는 것이 B2B이든 아니면 B2C 산업이든 관계없이, 제품 및 서비스의 개별화, 기능성 및 지속 가능성 측면에서 고객의 기대치가 엄청나게 증가하고 있습니다.

점점 빨라지는 속도와 늘어나는 복잡성에 대처하기 위해, 많은 기업들은 이미 제품의 설계, 개발 및 엔지니어링 방식을 채택함에 있어 제품의 라이프 사이클 측면에서 생각하면서 흔히 민첩한 개발 방법과 동시 엔지니어링 및 시스템 엔지니어링을 채택하고 있습니다.

놀랍게도 공장들은 여전히 매우 전통적인 방식으로 설계되고 건축되는 경우가 많고, 운영 및 유지관리 시의 데이터 처리도 영역별, 분야별, 데이터 사일로별로 이뤄지고 있습니다.

고객 기대치가 증가하면 필연적으로 로트 규모가 작아지고 변경이 잦아지는 만큼, 적응형 및 탄력적인 제조시설 운영이 그 어느 때보다 중요해집니다.

제품 설계 및 엔지니어링에서 통합 및 협업 측면을 고려한 조치들이 이미 진행되고 있으며, 이러한 추세가 제조시설 운영 분야도 이끌어 가고 있다고 생각합니다. 공장 운영에 있어서 포괄적인 디지털 트윈의 잠재력을 최대한 활용하려면 공장 인프라 및 건물 정보와 같은 도메인을 생산 시스템 데이터와 통합해야 합니다. 또한 중복 및 부가가치가 없는 작업을 피하기 위해서는 여러 이해 관계자가 서로 다른 단계에서 관여하고 있다 하더라도(사실은 정확히 그 때문에), 전체 생산 수명 주기에 걸쳐 데이터를 재사용하는 것이 필요합니다.

제조업체들은 디지털화를 통해서 그들의 공장을 이러한 새로운 시대로 이끌어갈 수 있습니다. Harvard Business Review Analytic Services에서 수행한 이 연구는 현재의 업계 현황에 대한 몇 가지 유용한 통찰력은 물론, 기존 또는 계획된 제조시설 운영에 있어 통합 공장 모델을 적용하여 성공적인 미래를 준비하는 데 필요한 몇 가지 지침을 제공하고 있습니다. 독자 여러분께서는 이 보고서에 등장하는 업계 리더들이 변화하는 시장 환경에 대응하고 있는 사례를 살펴보시기 바랍니다.



Srinath Jonnalagadda
산업 전략, 설계 및 제조 부문 부사장
Autodesk

보다 협동적인 공장 프로젝트를 위한 장벽 허물기

신제품, 고객 기대치, 및 경쟁 압력으로 인해 제조업체는 개조 또는 그린필드 건축을 통해 현재 작업을 반복적으로 고쳐나가야 하므로 공장들에 있어서 변화는 끊임없이 반복됩니다. 이러한 프로젝트를 수행함에 따라 적기에 예산에 맞춰 달성하려는 전통적인 목표는 지속 가능성 목표에서부터 보다 효율적인 노동력 사용, 및 Industry 4.0 요구사항에 이르기까지 새로운 목표들로 인해 점점 더 복잡해지고 있습니다.

이러한 프로젝트의 복잡성은 증가하고 있지만, 공장 프로젝트를 계획하고 관리하는 데 사용되는 프로세스는 이에 맞춰 변화해오지 않았습니다. 공장 프로젝트에는 제조업체 내부 팀과 다양한 설계 및 건축 파트너 팀들이 관여하게 되는데, 이들 모두 빌딩 계획, 생산 엔지니어링 및 진행 중인 시설 운영에 중점을 두고 있습니다. 이들 팀, 그리고 이들이 작업을 완료하는 데 사용하는 톨과 데이터가 협업보다는 독립적으로 운영됨으로써 비용 증가와 예산 초과 및 시간 지연으로 이어지는 경우가 아주 많습니다.

독일 폴다 소재 자동차 산업 엔지니어링 서비스 공급업체인 EDAG Production Solutions의 스마트 팩토리 계획 방법론 분야 수석 기술 전문가인 Frank Breitenbach는 “건축과 플랜트 엔지니어링은 지금까지 잘 조화시켜야 될 필요가 없었던 별개의 두 세계”라고 말합니다. “이러한 세계가 함께 효율적으로 성장하기 위해서는 대부분의 기업에서 거의 패러다임의 전환이 필요합니다.”

공장 설계 및 건축 프로젝트에는 여러 분야별로 잘 조율된 접근 방식이 있어야만 이러한 격차를 해소하고 빌딩, 운영, 기계, 전기 및 배관 프로젝트 팀이 긴밀하게 협력하여 지연, 비용 및 잘못된 커뮤니케이션을 최소화하는 동시에 프로젝트 관련, 운영 및 장기 사업 목표 달성을 최대화할 수 있습니다. 이를 위해, 제조업체와 건축업체는 새로운 계획 및 워크플로우 패러다임을 채택하고, 데이터를 보다 스마트하게 사용하며, 건축 완료 후에도 오랫동안 건물에 영향을 미칠 보다 많은 협업 워크플로우 기술을 활용하기 위해 노력하고

하이라이트

공장 건축 프로젝트에 관한 제안 요청서에는 **지속 가능성, 디지털화 및 Industry 4.0 개념을 지원하는 스마트 팩토리**에 대한 기대 등이 점점 늘어나고 있습니다.

이렇게 진화하는 요구사항에도 불구하고, **공장 신축 또는 개조를 계획하고 구현하는 데 사용되는 프로세스와 워크플로**가 항상 보조를 맞추지는 못했습니다.

기술은 제조업체와 계획 및 생산 파트너가 공장을 계획하고 건축하는 보다 원활하고 효과적인 방법을 모색하는 과정에서 **도구, 데이터 및 협업에 존재하는 벽을 타파할 수**게 해주는 핵심 요소임이 입증되고 있습니다.

있습니다. 그들의 비전이 달성된다면, 미래의 공장들은 훨씬 더 변화에 능하고 탄력적이며, 자체적인 유지보수 비용을 최소화하고 유틸리티를 최적화하면서 시장 변화에 민첩하게 적응할 수 있을 것입니다.

독일 알렌도르프 소재 난방, 냉방 및 공조 솔루션 제조업체인 Viessmann Group의 CEO, Maximilian Viessmann은 “효율이 우수한 공장을 갖추려면, 올바른 맥락에서 올바른 결정을 내리기 위해 이용할 수 있는 실시간 데이터가 필요합니다”라고 말합니다. “시장 내 입지를 확대하는 것은 파트너와 사용자를 위해 빠르게 행동할 수 있을 때 가능합니다. Industry 4.0은 이러한 속도를 내는 것이 가능하게 해주고, 결과적으로 미래의 성공을 가능하게 만들어주는 요소입니다.”

새로운 세계, 새로운 압력

공장은 항상 시대의 요구사항을 충족하기 위해 시설, 생산 라인, 개발 프로세스 및 운영을 조정하면서 진화해야 했습니다. 이러한 새로운 건축 또는 개조가 요구되는 일반적인 요인에는 신제품 출시, 제품 품질 또는 생산 효율성 개선의 필요성, 수요 변화, 지속적인 개선 또는 장비 교체가 포함됩니다. 산업별 동향 역시 위와 같은 요인이 될 수 있는데, 예를 들면, 더 작은 부지 크기나 기본 제품의 파생품, 대량 개인화의 증가, 화석 연료에서 보다 지속 가능한 에너지원로의 전환, 또는 자재 부족을 수용하거나, 시장에 더 가까운 제품을 생산하거나, 부족에 직면하여 노동 요구사항을 최소화해야 하는 필요성을 들 수 있습니다. McKinsey & Co.의 2020년 6월 연구 논문인 “건축 분야의 넥스트 노멀(The Next Normal in Construction)”에 따르면, 응답자의

87%가 업계에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 숙련된 노동력의 부족을 꼽았습니다. 그러나, 75% 이상이 10년 이내에 지속 가능성, 작업장 안전 규정, 보다 유연한 디지털 방식의 효율적인 구조가 업계에 광범위한 영향을 미칠 것이라고 믿고 있습니다. 1

그러나 이러한 요인과 더불어 설계 팀에 추가 요구사항을 얹어주는 또 다른 세트의 요구사항이 있습니다. 공장 건축 프로젝트에 대한 제안 요청서(RFP)에 지속 가능성, 디지털화 및 Industry 4.0 개념을 지원하는 스마트 팩토리에 대한 욕구가 포함되는 사례가 점점 더 늘어나고 있습니다. 또한 제조업체들은 특히 개조 분야에서 그 어느 때보다 빠르게 프로젝트를 완료하기를 원하기 때문에, 다운타임을 최소화하고 시장 출시 시간을 단축하는 것이 경쟁의 필수 요소가 되었습니다.

펜실베이니아 베들레헴에 있는 경영 컨설팅 회사인 io-consultants의 매니징 디렉터이자 파트너인 Rupert Hoecherl은 “지속 가능성은 예전보다 훨씬 더 중요한 위치를 차지하게 되었습니다”라고 말했습니다. 그의 프로젝트에는 통합 컨설팅, 디자인, 생산 계획 서비스가 포함되어 있습니다. “이전에는 그것이 자발적인 접근에 가까웠지만, 이제는 훨씬 잘 정의되고 제도화되고 있으며 일부 영역에서는 규제 요구사항으로 되어 있습니다.”

점점 더 많은 제조회사들이 디지털화, 스마트 팩토리 또는 Industry 4.0 개념의 필요성을 언급하고 있습니다. EDAG의 Breitenbach는 고객들이 이러한 용어의 의미에 대해 다양한 정의를 갖고 있으므로, 이를 초기 프로젝트 단계에서 해결해야 한다고 말합니다. 그는 Industry 4.0 요구사항에는 지속 가능성에 대한 우려가 점점 더 많이 포함되고 있다고 덧붙입니다.

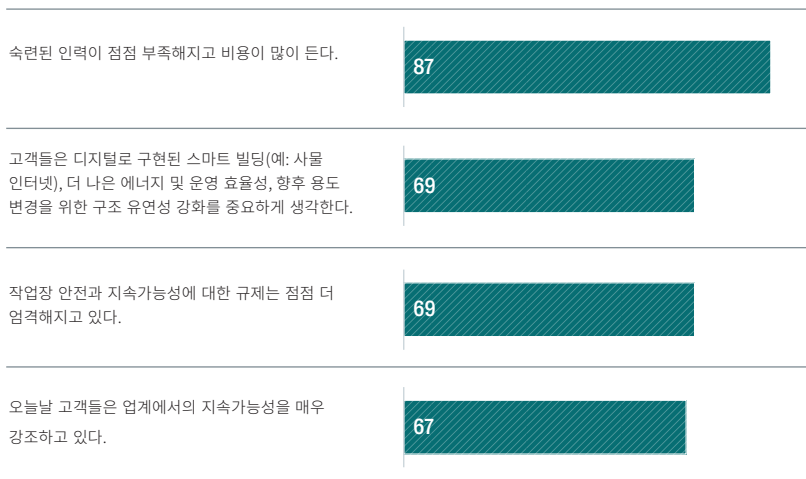
그림 1

건설 프로젝트를 복잡하게 만드는 시장 요인

부족한 인력, 스마트 빌딩, 안전 및 지속가능성 규제가 최우선 과제이다.

가장 큰 영향을 받은 건설 업계

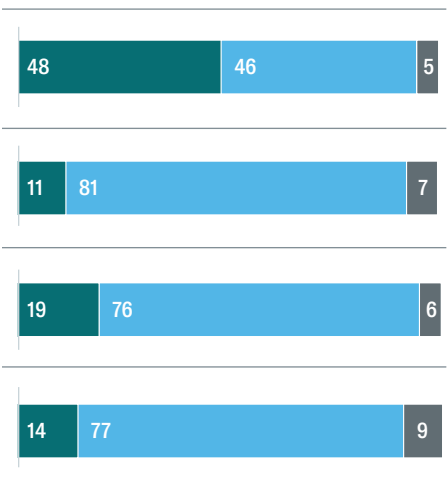
응답자 비율



출처: McKinsey & Co., June 2020

시장 특성의 변화가 응답자 비율의 규모에 영향을 미치는 시기

1년 이내 1~10년 10~20년



“Industry 4.0은 궁극적으로 자사 생산 시스템 내에서는 물론, 훨씬 더 멀리까지 일관된 수평 및 수직 네트워킹을 생성합니다. 이것에는(제가 보기에 이것은 새로운 것이지만) 최근에 건물이 포함되었습니다. 결국 자사의 공장에 공간과 부피와 운송 자재를 공급하는 것은 건물입니다. 이 건물은 회사가 방출하는 배출물에 대처해야 하며, 결과적으로 자사의 기계에 환경적 영향을 미치기도 합니다.”

속도에 대한 요구는 가장 최근에 팬데믹으로 인해 예상치 못한 시장 및 공급망 문제로 인해 더욱 복잡해졌습니다. “팬데믹 기간 동안 지역적 또는 국제적 제약과 함께 극심한 변동이 일어났습니다. 이러한 [변동]으로 인해 개조 프로젝트를 위해 생산을 일시 중단할 적절한 시간 슬롯을 파악하기가 특히 어려웠습니다.”라고 Viessmann Group의 Viessmann은 말했습니다.

공장 계획 프로세스의 격차

이렇게 진화하는 요구사항에도 불구하고, 공장 신축 또는 개조를 계획하고 구현하는 데 사용되는 프로세스와 워크플로가 항상 보조를 맞추지는 못했습니다. 사실 공장은 정의상 복잡한 시스템이며, 자동화와 기술의 발전으로 인해 점점 더 복잡해지고 있습니다. 증가하는 복잡성에 분리된 워크플로가 더해져서 건축을 조율하는 것이 훨씬 더 어려워졌습니다.

오스트리아 그라츠 소재 자동차 제조업체인 Magna Steyr의 공장 설계자인 Robert Ostermann은 “공장은 건물로만 구성된 것이 아닙니다.”라고 말합니다. “공장에는 많은 컨베이어 시스템과 철 구조물, 기계 장비 등이 있습니다. 따라서 공장은 BIM[빌딩 정보 모델링] 프로세스 이상의 것이며, 이러한 전체 디지털 스펙트럼을 조정하거나 유지관리하는 것은 아직 일반적으로 이용되고 있는 프로세스가 아닙니다.”

전통적인 접근 방식은 대체로 순차적인 방식으로, 한 팀이 작업을 완료한 후 다음 팀에 작업 결과물을 넘겨주는 식입니다. 그들이 사용하는 데이터와 도구는 종종 별개로 되어 있어서 변경이나 후속 조치사항을 관리하기 위해서는 값비싼 포맷 변환과 대량의 이메일이 필요합니다. 특히 한 단계에서 다음 단계로 넘어가는 핸드오프에서 커뮤니케이션 공백이 불가피합니다.

커뮤니케이션 공백의 이유는 다양합니다. 독일 아헨 소재 RWTH Aachen University의 공장 계획 수석 엔지니어인 Matthias Dannapfel은 중소 기업은 새로운 공장 프로젝트 사이에 종종 10~15년이 걸리기 때문에 그들의 계획 프로세스는 구식이거나 아예 없을 수도 있다고 말합니다. 기업의 경우, 종종 “장기적인 요구사항을 입력하는 방법과 이를 공장 구조물로 변환하는 방법에 대해 약간씩은 고심하게 됩니다. 역동적인 시장 환경 때문에 오래된 가정은 과감히 버려야 합니다. 그들이 생각하는 방식과 공장을 구상하는 방식을 바꿔볼 필요가 있습니다.”

문제는 내부에만 있는 것이 아닙니다. 공장 프로젝트는 내부 및 외부 팀 간의 조율이 필요한데, 이들은 종종 건물 자체에서 작업하는 팀과 내부에 들어갈 프로세스 및 장비에 집중하는 팀으로 구분되어 있는 경우가 많습니다. 각 작업자들은 일반적으로 작업을 위해 각자의 도구와 데이터 저장 장치를 가져옵니다.



Kingspan Group의 BIM 전략 책임자인 Brian Glancy는 “디지털은 사람들이 정보를 복제할 수 있게 해주었지만 관리 없는 복제는 정보에 대한 신뢰를 잃는다는 것을 의미합니다.”라고 말합니다.

Dannapfel은 “모든 사람이 한 곳에서 다른 곳으로 정보를 제공하거나 공급할 수 있는 명확한 인터페이스가 없는 상황에서 각자 다른 소프트웨어 도구를 사용합니다.”라고 말합니다. “따라서 전하려는 모든 정보가 다음 팀과 그 다음 팀에 전달되도록 수동 재작업이나 수동 커뮤니케이션을 전달하는 과정에서 많은 정보 손실이 발생합니다. 이는 매우 비효율적인 프로세스입니다.”

Magna Steyr의 Ostermann은 “우리는 프로세스, 모델 조율 및 공장 설계의 진화 방법에 대한 커뮤니케이션을 더 잘해야 합니다.”라고 덧붙입니다. “커뮤니케이션은 그게 잘 되지 않는 서로 다른 시스템 사이에서 분리되지 않고 특정 모델에서 직접 커뮤니케이션이 이루어져야 합니다.”

커뮤니케이션 장애를 해결하기 위한 한 가지 접근 방식은 서로 다른 데이터를 변환하여 단일 CAD(Computer-Aided Design) 환경에서 수집할 수 있도록 하는 것이지만, 이 단계에는 비용이 많이 듭니다. 커뮤니케이션 및 변경 요청은 이러한 환경 밖에서 발생하는 경향이 있어서 지연과 오류가 발생하고, 한 시스템에서 변경된 것을 다른 시스템에서 자동으로 이용할 수 없습니다. 서로 다른 계획 프로세스의 동시 엔지니어링을 시도해보려는 노력조차도 커뮤니케이션이 끊기면 실패하게 됩니다.

1990년대 이후 대부분의 공장이 크게 디지털화되었지만, 많은 데이터가 사용되지 않고 있으며 계획, 건축 및 유지관리에 사용되는 도구들 중에서 단일 데이터 표준을 만들려는 시도는 더디게 진행되었습니다.

아일랜드 킹스코트에 있는 건축자재 제조업체인 Kingspan Group의 BIM 전략 책임자인 Brian Glancy는 “디지털은 사람들이 정보를 복제할 수 있게 해주었지만, 관리 없는 복제는 정보에 대한 신뢰를 잃는다는 것을 의미합니다.”라고 말합니다. “그래서 우리는 정보에 대한 거버넌스 절차를 보장하려고 합니다.”

익숙한 패턴으로, 도구 세트의 일부로 설계 데이터를 생성하는 일부 기술 회사는 다른 개발자가 지원하는 개방형 표준을 만들려는 시도를 거부해 왔습니다. “저는 이것이 가장 큰 문제 중 하나라고 생각합니다. 그리고 이것은 공장 자체에 대한 전체적 시각에 대해 이야기할 때, 그리고 BIM과 디지털 공장이 제공하는 모든 이점을 얻고자 할 때 우리가 해결해야 하는 문제입니다.”라고 Breitenbach는 말합니다.



“오직 각 분야에서 모인 팀만이 모든 운영 프로세스를 원활하게 통합하는 데 따른 복잡성과 과제를 관리할 수 있습니다. 전체 가치 사슬에 대한 주요 수치를 주기적으로 확인하고 프로세스를 자주 시뮬레이션하여야만 필요한 지표를 달성하고 프로젝트 목표를 충족할 수 있습니다.”라고 Viessmann Group의 CEO인 Maximilian Viessmann은 말합니다.

RWTH Aachen University에서 발표한 “계획 및 통계 컴퓨팅을 통한 산업 건축 프로젝트 지연 원인 분석에 대한 접근”이라는 학술 논문에 따르면, BIM은 특히 건물 계획과 건축 계획 프로세스 간의 단절을 해결하도록 설계되었지만, 이는 공장 계획보다는 주택 및 공공 건물 건축에 훨씬 더 많이 이용되고 있습니다. 이 논문을 뒷받침하기 위한 연구에서는 “(1) 성숙도 수준의 사양 누락, 및 (2) 데이터 관리 표준 누락으로 인해 공장 계획 프로젝트에서는 거의 구현되지 않고 있음”을 발견했습니다.

Breitenbach는 모든 문제가 기술적인 것은 아니라고 말합니다. 더 많은 데이터 공유 및 이에 따른 공동작업으로 전환함에 따라, 다양한 팀들이 새로운 작업 방식에 전념해야 합니다. “우리의 프로젝트와, 정기 회의에서 사람들이 서로 대화하고 해당 정보를 교환할 수 있는 회의 문화와 회의 구조가 필요합니다.”

계획 격차에 따른 비용

공장 계획 및 건축 프로세스의 결함으로 인해 제조업체는 프로젝트 자체뿐만 아니라 장기적으로 공장 운영 및 유지관리에 영향을 미칠 수 있는 다양한 분야의 비용이 발생합니다.

io-consultants의 Hoecherl은 “결국 그 영향은 항상 범위, 시간, 예산 중 어딘가에 미치게 됩니다.”라고 말합니다. “만약 문제를 간과했다가 프로젝트 후반에 가서 조정을 해야 하는 경우, 일정에 영향을 미치고 예산에도 영향을 미칠 가능성이 아주 큼니다. 한 가지 대응은 그 영향을 완화하기 위해 범위를 재고하는 것일 수 있습니다. 중대한 누락이나 설계 결함으로 인해 의도치 않게 설치 용량이 줄어들고 잠재적으로 건물의 유용성과 수명이 제한될 수 있습니다.”

프로젝트에서 사용할 수 있는 장비나 기술의 양 또는 유형에 대한 절충은 더 많은 노동자를 고용하거나 기술적 이점을 상실하는 것을 의미할 수 있지만, 다행스럽게도 제품 자체의 품질은 일반적으로 영향을 받지 않는다고 덧붙였습니다.

기타 영향에는 공급업체 통합 실패, 더 자주 재설계해야 할 필요성, 효율성 손실이 포함될 수 있습니다.

전통적인 방식으로 수행하여 성공적으로 완료된 건축 프로젝트라도 건물의 지속적인 수명에 미치는 영향이라는 측면에서 공장 설계가 지향하는 목표에는 미치지 못합니다. 모델링, 공장 및 생산 장비 마련 방법에 대한 시각적 계획 수립, 물리적 자산의 정확한 디지털 복제를 생성하는 디지털 트윈과 같은 새로운 개념의 이점을 활용하지 못한다면, 설계 선택에 개입된 결정과 세부 사항에 대한 디지털 기록을 유지하기가 더 어렵습니다. 데이터가 부족하면 향후 수정 비용이 더 많이 들고 더 어려워집니다.

통합 공장에 대한 비전

완전한 통합 공장 설계 프로세스의 개념은 미래 공장 자체에 대한 비전에 기반을 두고 있습니다. 공장이 만들어지는 방식은 유연성, 지속 가능성 및 인텔리전스와 관련된 목표를 포함하여, 목표 달성 능력면에서 그 어느 때보다 그 역할이 큼니다.

“우리에게 지속 가능성, 생산성, 글로벌 인프라 등 모든 측면에서 매우 효율적이고 유연한 공장을 보유하는 것이 절대적으로 필요합니다. 이러한 효율성과 유연성은 회복력의 기반입니다.”라고 Viessmann은 말합니다. 이러한 측면의 목적 달성은 계획 프로세스와 직결됩니다.

Viessmann은 “통합 및 협업 공장 계획의 영향은 막대합니다.”라고 계속합니다. “오직 각 분야에서 모인 팀만이 모든 운영 프로세스를 원활하게 통합하는 데 따른 복잡성과 과제를 관리할 수 있습니다. 전체 가치 사슬에 대한 주요 수치를 주기적으로 확인하고 프로세스를 자주 시뮬레이션하여야만 필요한 지표를 달성하고 프로젝트 목표를 충족할 수 있습니다.”

공장의 디지털 표현은 또한 서로 방해되는 두 개의 파이프와 같은 잠재적인 계획 문제의 위험, 또는 차지할 공간을 올바르게 설계하는 데 있어서 중요한 기계의 기하학적 데이터가 잘못된 위험을 완화해줍니다. 초기 단계에서 부서별 팀 협업을 통해 이러한 문제를 예방한다면, 문제가 건축 단계에서만 나타나더라도 발생할 수 있는 현장 완화 비용으로 수천 달러를 절약할 수 있습니다. 통합 설계 프로세스의

원활한 통합 및 디지털화는 건축 프로세스 자체를 넘어서 공장 운영의 시작과 공장의 지속적인 사용까지도 개선할 수 있습니다.

Kingspan의 Glancy는 “우리는 물리적 카운터파트를 만들기 전에 디지털 방식으로 존재하는 모든 것에 대한 아이디어를 탐구하기 시작했습니다.”라고 말합니다. “증강 현실, 가상 현실 등의 발전으로 디지털 표현을 하게 되면, 우리는 이러한 건물 위로 걷기 시작할 수 있으며, 실제 사이트에 장비를 배치하기 전에도 운영자에 대한 장비 교육을 실시할 수도 있습니다. 그러한 [능력]은 프로젝트의 시작을 개선하고, 교육을 개선하고, 품질을 개선하는 면에서 엄청난 이점이 될 것입니다.”

이러한 이점은 시간이 지나면서 공장이 변화함에 따라 디지털 모델이 업데이트되면서 계속 누릴 수 있으며 시설 역사의 살아있는 일지가 됩니다. 디지털 트윈과 같이 완전히 실현된 모델에서는 예방 정비에서부터 신속한 개조, 제안된 수정의 영향 시뮬레이션, 재료의 성능 및 설계 자체의 성능 분석에 이르기까지 모든 것이 가능합니다.

“사람들은 미래에 건물의 더 많은 측면을 이해하는 데 지금보다 더 많은 가치를 부여할 것이라고 생각합니다.”라고 Glancy는 말합니다.

공장 설계 프로세스 간소화

미래의 공장에 대한 비전이 진화했지만, 공장 설계와 건축을 계획하고 실행함에 있어서 최종 상태와 현재 프로세스 사이의 격차는 지속되어왔습니다. 제조업체들은 수년에 걸쳐 프로세스를 통합하고 간소화하기 위해 수많은 솔루션을 고안해 왔기 때문에, 현재 계획 프로세스의 많은 단계가 자동화되고, 컴퓨터화 되고, 디지털화되어 있으며, 상태를 점검하는 것도 가능해졌습니다. 이러한 발전은 비록 그것이 도입 당시에 효과적으로 작동하기에는 당시의 기술 능력보다 훨씬 앞서 있었다 하더라도 오늘날 혁신의 기초가 됩니다.

“90년대에 그들은 컴퓨터 통합 제조(CIM)에 대해 이야기했습니다. 아이디어는 CAD 모델인 3D 모델을 가지고 이를 부품 생산 기계로 직접 가져오는 것이었습니다. 아주 좋은 아이디어였지요. 하지만 90년대에는 소프트웨어가 그 정도로 성숙하지 못했습니다.”라고 Breitenbach가 설명합니다. “우리는 1990년대에 디지털 공장에서 시작했습니다. 디지털 공장은 제품, 제조 과정, 그리고 이를 작동시킬 수 있는 인력, 기계, 로봇 및 기타 자원을 결합한, 공장에 대한 전체적 시각이라 할 수 있습니다.”

오늘날 소프트웨어, 데이터 및 커뮤니케이션 기술은 그 개념을 따라 잡았습니다. 전문가들은 통합된, 협업 공장 설계 프로세스를 지원하기 위해 빌딩 정보 모델링 프로세스, 디지털 트윈, 카메라 및 센서, 인공지능(AI) 및 기계 학습(ML), 그리고 증강 현실과 가상 현실까지 활용하기를 기대합니다. 점점 더 많은 기업들이 실시간으로 설계 활동을 조율할 수 있게 될 것입니다.

Aachen University 논문은 BIM을 계획, 건축, 그리고 운영 중인 시설 관리를 용이하게 할 목적으로 빌딩 관련 공유 데이터베이스를 관리함으로써 건축 프로젝트의 모든 이해 관계자를 통합하는 하나의 방법론으로 정의하고 있습니다.

Dodge Data & Analytics의 연구에 따르면, 자신들의 작업에서 BIM 활용도가 높거나 매우 높은 설계자들이 중간 수준의 활용도를 보인 설계자들에 비해 팀 협업 개선(67% 대 27%)부터 데이터 전달 개선(61% 대 27%) 및 워크로드 용량 증가(55% 대 28%)에 이르기까지 모든 분야에서 훨씬 더 많은 이점을 경험했다고 합니다. 2

그러나 일부에서는 BIM을 생산으로까지는 확장되지 않는 프로세스로 보고 있습니다. Magna Steyr의 Ostermann은 “우리 회사에도 BIM 프로세스가 있지만, BIM 프로세스는 건물 자체에서 시작하고 끝납니다. Magna에는 공장도 있습니다.”라고 말합니다. “BIM이 건물 자체에 미치는 영향, 그것은 우리가 전체적인 공장 설계에 적용해보고자 하는 것이 되겠죠.”

따라서, 필요한 것은 BIM의 이점을 전체 프로젝트로 확장하여 건물 자체와 건물 내부에 들어갈 기계 및 장비에 대한 계획을 통합하는 방법입니다.

통합 공장 모델 진입

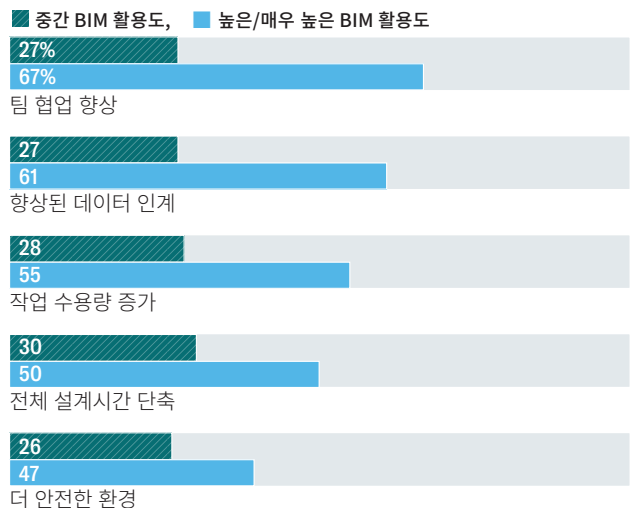
디지털 트윈과 3D 공장 모델은 현재의 공장 설계 상태에서 완전 통합 설계 프로세스로 진화하는 데 도움이 되는 귀중한 도구로 부상했습니다. Juniper Research에 따르면, '제조업이 2021년에 디지털 트윈 배치를 위한 가장 큰 단일 부문이 될 것이며 전체 기술 분야 지출의 34%를 차지할 것이라고 하였습니다.

디지털 트윈이라는 용어는 제조 업계에서 다양한 정의를 내려왔습니다. 예를 들어 어떤 사람들은 디지털 트윈이라고 부르기도 하고, 다른 사람들은 고급/3D 모델이라고 설명할 수도 있습니다. 디지털 트윈 컨소시엄에서 전문가들이 함께 모여 이 용어를 정의했습니다.² 그 정의는 디지털 트윈을 지정된 빈도와 충실도로 동기화된 실제 개체 및/또는 프로세스의 가상 표현으로 설명합니다. 디지털 트윈은 실시간 데이터 및 과거 데이터를 이용하여 과거와 현재를 나타내고, 원하는 결과에서 영감을 받아, 흔히 특정 사용 사례에 맞춘, 예측에 의한 미래를

그림 2

협업을 통한 BIM의 설계상 이점 극대화

빌딩 정보 모델링(BIM)을 높은 및 매우 높은 수준에서 사용하는 설계자들이 가장 큰 이점을 누린 것으로 보고하였다



출처: Dodge Data & Analytics, 2021



“디지털 트윈은 산업과 BIM을 위한 변화, 즉 변화의 과정의 핵심입니다. 디지털 방식으로 완벽한 프로젝트를 제공하기 위해 이 기술을 활용한다면, 우리는 그것을 물리적으로 복제할 수 있습니다.”라고 Kingspan의 Glancy는 말합니다.

시뮬레이션합니다. 디지털 트윈은 통합을 통해 작동하고, 데이터를 기반으로 하며, 도메인 지식을 활용하며, IT/OT 시스템에서 구현됩니다.

전문가들은 디지털 트윈이 전체적인 이해와 최적의 의사 결정 및 효과적인 조치를 가속화하여 비즈니스 및 공장 프로젝트를 혁신할 수 있는 잠재력을 가지고 있다고 믿습니다.

McKinsey & Co.의 연구에 따르면, “기업은 BIM(빌딩 정보 모델링)을 사용하여 완전한 3차원 모델(‘디지털 트윈’)을 생성함으로써 효율성을 높이고 설계 단계를 나머지 가치 사슬과 통합할 수 있습니다. 그리고 공사가 이미 진행 중인 동안 설계를 완료하는 대신 프로젝트 초기에 일정 및 비용과 같은 레이어를 추가할 수 있습니다.”³ McKinsey는 BIM과 디지털 트윈을 사용하면 건축 프로젝트 중에 발생하는 위험과 의사 결정 순서가 실질적으로 변화되면서, 전통적인 EPC(엔지니어링, 조달, 건축) 모델에 대해서는 의문을 갖게 될 것이라고 주장합니다.

진행 중인 공장 설계에 이러한 고급 모델을 적용하면 이해관계자들이 모든 각도에서 2D 및 3D 구조를 탐색하고 볼 수 있으며, 시각적으로 드릴다운하여 특정 기능을 확인하고, 주어진 특정 항목과 관련된 사양에 액세스하고, 특정 요소의 변경 내역을 추적할 수 있습니다.

io-consultants에서, 공장 설계자들은 “의사 결정 과정이 보다 신속해지고, 다양한 설계 과정에서 가정(what-if) 시나리오를 다룰 수 있다는 점에 매우 기뻐하고 있습니다.”라고 Hoecherl은 말합니다.

“진정한” 디지털 트윈에서는 공장 자체에 설치된 센서가 데이터를 지속적으로 수집하여 항상 실제 건물의 최신 상태를 반영함으로써 시공 후 사용 사례로 이용할 수 있게 됩니다. 공장 운영 시 디지털 트윈을 지속적으로 사용하는 사례의 다른 예로는 장비 고장의 영향을 받을 수 있는 공간에 대한 이해와, 자산 및 시스템의 실제 성능을 예상치에 비교하는 것이 포함됩니다. 이 정보는 이벤트를 예측하여 가용성을 개선하고 투자 수익을 극대화하기 위한 결정을 내리는 데 도움이 될 수 있습니다.

Viessmann은 그의 회사가 폴란드 레그니차에 있는 새로운 히트 펌프 생산 현장의 계획, 설계 및 건축 단계에서 커뮤니케이션 및 협업을 개선하기 위해 디지털 트윈을 이용하고 있다고 말합니다. 실제 공장 레이아웃을 확인하면 회사가 나중에 문제가 발견될 경우 발생하는 높은 비용이나 위험 부담 없이, 프로젝트 초기에 디지털 세계에서 발생할 수

있는 공간 사용, 병목 현상 및 잠재적인 내부 “교통 체증”과 관련된 갈등을 식별하고 해결하는 데 도움이 됩니다. 또한 이를 이용하여 추가 노력 없이 건축 진행 상황과 계획 고수 여부를 지속적으로 모니터링할 수 있습니다.

“우리는 모두 산업 공학자, 건축가, 환경보건 및 안전기획자와 같은 참가자들과, 모든 생산 부서로부터 비용이 많이 들게 되리라는 오해나, 잘못된 정보 또는 오역으로 이어질 수 있는 어떠한 버전 충돌도 없이, 모두 같은 기준으로, 모두 같이 합의된 상태에서 계획을 수립합니다.”라고 Viessmann은 말합니다.

“디지털 트윈은 산업계와 BIM의 변화, 즉 변화의 과정에서 핵심이 되는 것입니다.”라고 Glancy는 설명합니다. “디지털 방식으로 완벽한 프로젝트를 제공하기 위해 이 기술을 활용한다면, 우리는 그것을 물리적으로 복제할 수 있습니다.” 그는 자신의 회사가 모델 대 제조(model-to-manufacturing) 접근방식에 디지털 트윈을 이용하여 클래딩/엔벨로프에 영향을 미칠 수 있는 강철 구조물, 또는 기둥이 계획된 곳에 배치돼 있는 기계와 같은 제한된 세부 문제를 해결하기 위해, 이미 만들어진 모델에 가능한 한 근접하게, 제조가 가능한 디지털 트윈을 만들었다고 말합니다.

또한 디지털 트윈 및 3D 공장 모델은 개조 프로젝트에 필요한 다운타임 줄이고, 팀 간의 더 나은 협업을 촉진하고, 여러 계획 분야의 시각을 통합함으로써 한 가지 시각에서만 최적화하는 대신 전체 목표를 지원하게 함으로써 통합 공장 모델링을 지원합니다. 건축 과정에서 디지털 트윈은 건축 시퀀스를 시뮬레이션하여 설치를 가속화하고 변경 주문을 줄일 수 있습니다. 또 다른 가치 있는 사용 사례는 계획에서 운영에 이르기까지 전체 공장 수명 주기에 걸쳐 모든 공급업체를 구조적으로 통합할 수 있게 함으로써 쉽고 빠른 공급업체 통합을 추진하는 것입니다. 전문가들은 폐기물을 줄이고 효율성, 신뢰성, 지속 가능성 및 관련 목표를 중심으로 최적화함으로써 디지털 트윈이 공장 계획 및 운영을 획기적으로 개선할 것으로 기대하고 있습니다.

“한편으로, 이러한 방법과 도구는 공장을 만들거나 생산 시스템을 변경하기 위한 엔지니어링 단계에서 제게 도움이 됩니다.”라고 EDAG의 Breitenbach는 말합니다. “BIM과 디지털 팩토리를 이용하여 구조, 제품-공정-자원을 매핑하고, 디지털 트윈을 통해 시나리오를

미리 안전하게 확인할 수 있습니다. 운영 단계에서는 트윈이 운영 데이터를 기록하고 평가하여 저를 지원합니다. 그런 다음 인공 지능 응용 프로그램은, 예를 들어, 품질 측정이나 유지관리 조치와 같은 사전 조치를 취할 수 있는 가능성을 제공합니다.”

RWTH Aachen University의 Dannapfel은 “BIM과 디지털 트윈이 우리에게 기술적 도움을 주는 인에이블러이긴 하지만, 우리는 프로세스, 정보 흐름, 및 책임을 먼저 설계해야 합니다.”라고 덧붙였습니다. “만약 우리가 그렇게 한다면 [이 기술들]이 진정한 힘을 발휘할 수 있을 것입니다. 왜냐하면 그 때는 우리에게 이 모델 기반 계획이 있을 것이기 때문입니다. 우리는 계획에 이용할 수 있는 단일 진실 공급원을 가지고 있습니다.” 3D 공장 모델 및 디지털 트윈과 같은 도구의 시각적 특성은 협업 프로세스의 질을 더욱 강화해줄 것입니다.

“우리는 사물을 시연하고 사람들이 베이스, 관계, 레이아웃을 훨씬 더 명확하게 이해할 수 있도록 기술을 이용하는 시각적인 사람들입니다. 이는 결과를 이해하는 데 있어 매우 큰 도움이 될 것입니다.”라고 Glancy는 말합니다. “가상 환경에서 디지털 트윈을 통해 이동할 수 있다면 무엇이 어디로 이동하는지, 왜 이동해야 하는지에 관해 대화하는 것이 더 쉬워지게 됩니다. 왜냐하면 어려운 고비는 실제로 누군가가 문제를 이해하도록 도와주는 데에 있기 때문입니다. 이러한 유형의 몰입형 경험은 이해 관계자와의 커뮤니케이션을 향상시켜줄 것입니다.”

디지털 트윈 및 3D 공장 모델과 관련된 보완 기술은 제너레이티브 디자인으로, 이 역시 보다 효율적이고 능률적인 공장 설계 프로세스를 향해 나아가고 있습니다. 제너레이티브 디자인은 일련의 제약 조건을 취한 후 최종 설계에 도달하기 위한 필터링 옵션을 제공해주는 설계 탐색 기술입니다. 이는 제조 업계에서는 널리 이용되어왔지만, 현재까지 건축 업계에서는 많이 이용되지 못했습니다.

“제너레이티브 디자인을 이용하여 해당 공장 내 여러 개의 라인, 어쩌면 2~3개 라인의 레이아웃까지도 평가할 수 있으며, 그것이 공간을 가장 잘 사용하는 것임을 이해하고, 레이아웃에 따라 작업자가 해당 환경에서 어떻게 기능을 발휘할 수 있는지 이해할 수 있을 것입니다.” 라고 설계에 참여하기 위해 기계 학습을 활용하는 Glancy는 말합니다. “아시다시피 모든 기술의 민주화가 이뤄질 때는, 특히 그 기술들이 신규 졸업생들을 위한 툴킷의 일부일 경우, 이러한 폭발적인 변화를 보게 될 것입니다.저는 이것이 3~5년 밖에 안 남았다고 생각합니다. 이는 인상적이지만 동시에 두렵기도 합니다.”



전문가들은 폐기물을 줄이고 효율성, 신뢰성, 지속 가능성 및 관련 목표를 중심으로 최적화함으로써 디지털 트윈이 공장 계획 및 운영을 획기적으로 개선할 것으로 기대하고 있습니다.

기타 통합 공장 설계 인에이블러

BIM, 제너레이티브 디자인 및 디지털 트윈만이 설계 및 시공 프로세스를 가속화하고 간소화하는 데 활용되는 유일한 기술은 아닙니다. 완전한 통합 공장 설계를 향한 움직임은 또한 레이저 스캐닝, 증강 및 가상 현실 (AR/VR), 사물 인터넷, AI 및 ML에 의해 활성화되고 있습니다. 다른 필수 구성 요소로는 클라우드, 공유 데이터 모델 및 설계 플랫폼 자체에 내장된 협업 기능이 있습니다.

레이저 스캐닝과 카메라 기술은 원격 설계자가 계획 결정을 내릴 수 있도록 개조 프로젝트에 대한 측정값을 수집하고 업로드하는 등 데이터를 생성하는 데 점점 더 많이 사용되고 있습니다. AR과 VR 기술을 통해 팀원들은 진행 중인 건물 모델을 가상으로 방문할 수 있습니다. 인공 지능과 기계 학습은 공장 계획 및 유지관리의 자동화에서 품질 관리에 이르기까지 모든 것을 향상시켜주는 역할을 합니다.

클라우드를 공장 계획 프로세스에서 생성된 방대한 양의 데이터에 대한 공유 액세스를 용이하게 하는 데에 매우 중요합니다. 이 데이터는 계속 유지될 수 있지만, 가능하다면 공장이 변경될 때마다 수정하여 정비 활동을 촉진하고 보수 및 재계획을 용이하게 하는 것이 좋습니다. 계획 데이터는 팀과 도구 전반에 걸쳐 무결성과 가용성을 보장할 수 있도록 잘 관리해야 합니다.

Ostermann은 “우리에게는 데이터 관리 시스템이 가장 큰 도전 과제였습니다.”라고 말합니다. “과거에는 적시에 데이터를 찾기가



통합 커뮤니케이션 및 협업은 이러한 새로운 솔루션의 중요한 구성 요소이며, 이를 통해서 모든 팀은 실시간에 단일 보기를 통해 공유된 공장 모델에 액세스할 수 있습니다.

어려운 경우가 있었기 때문에, 데이터 관리 시스템은 우리 공장에 많은 영향을 주었습니다.” 산업 그룹 Digital Twin Consortium 및 CESMII(The Smart Manufacturing Institute)와 같은 조직을 통해 진행 중인 데이터 표준을 향한 움직임은 “데이터 관리를 훨씬 더 원활하게 만들어 줄 것입니다.

Breitenbach는 “사람들이 [표준을 위한 싸움]에서 승리할 것이라고 생각하며, 소프트웨어 회사들은 자사의 장부를 펼쳐놓고 우리의 구조는 이렇습니다라고 말하겠죠.”라고 주장합니다. “귀하는 이 데이터 형식을 이용하여 제 소프트웨어로 작업하는 데 사용할 수도 있고 다른 소프트웨어로 작업할 수도 있습니다. 또한 데이터를 교환할 때 정보가 손실되는 일도 없을 것입니다.”

통합 커뮤니케이션 및 협업은 이러한 새로운 솔루션의 중요한 구성 요소이며, 이를 통해서 모든 팀은 실시간에 단일 보기를 통해 공유된 공장 모델에 액세스할 수 있습니다. 변경 요청, 정보 요청 및 문제 논의와 같은 커뮤니케이션 활동이 협업 설계 플랫폼 자체 내에서 발생하게 함으로써 정보가 항상 최신 상태이고, 모든 사람이 액세스할 수 있으며, 모든 변경 사항에 대한 기록이 존재하도록 하는 것이 중요합니다.

Viessmann은 “모든 이해 관계자와 지속적으로 소통하는 것의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않습니다.”라고 말합니다. “올바른 결정을 내리려면 올바른 맥락과 이해가 필요합니다. 제 경험에 의하면 토론 방식이 많이 바뀌었습니다. 역사적으로, 건축 부서는 건물을 계획하고 생산 부서는 건물 내에서 프로세스를 계획했습니다. 오늘날은 이 방향이 바뀌었습니다. 많은 건물에 대한 계획이 주로 생산 공정을 중심으로 이뤄집니다. 우리는 커뮤니케이션과 시뮬레이션을 바탕으로 최상의 결과와 최고의 성과를 달성할 수 있습니다.”

21세기를 위한 공장 계획 재구상

이제 시간과 예산에 맞추는 것은 더 이상 공장 건축 프로젝트를 판단하는 기준이 아닙니다. 오늘날 계획 및 건축 프로세스는 빠르고 잘 통합되어야 하며 지속 가능성과 Industry 4.0에 관한 새로운 목표를 지원해야 합니다. 이러한 목표를 달성하는 것 외에도, 시설은 향후 용도에 맞게 쉽게 적응할 수 있어야 하며 자체 유지관리와 환경 영향을 최소화할 수 있어야 합니다.

기술은 제조업체와 계획 및 생산 파트너가 공장을 계획하고 건축하는 보다 원활하고 효과적인 방법을 모색하는 과정에서 도구, 데이터 및 협업에 존재하는 벽을 타파할 수 있게 해주는 핵심 요소임이 입증되고 있습니다. 공장을 설계, 건축 및 운영하는 팀 전체에서 보다 통합된 도구와 데이터, 그리고 이러한 도구의 성공에 필수적인 프로세스와 문화를 옹호하는 사람들은 위험을 줄이고 시간과 비용을 절약하며 미래의 변화하는 목표도 지원할 수 있는 탄력적이고 쉽게 변경이 가능한 시설을 만들 수 있는 통합 공장 설계 프로세스의 가능성에 대해 낙관적입니다.

“계획 프로세스는 계속해서 더 통합되어 갈 것이라고 확신합니다.”라고 Hoecherl은 말합니다. “그리고 다른 파트너 조직 사이에서도 협업이 훨씬 쉬워질 것이라고 생각합니다. 디지털 플랫폼은 최신 정보에 대한 액세스를 제공함으로써 관련된 다양한 주제 전문가 간의 원활한 조정을 가능하게 하는 핵심 요소입니다. 디지털 트윈 기술 및 시뮬레이션의 발전과 함께, 합리적인 비용으로 프로젝트를 미리 로드하여 구현에 따른 위험을 줄일 잠재력을 제공해주는 인에이블러도 우리는 쉽게 이용할 수 있습니다.”

미주

- 1 Juniper Research, “왜 디지털 트윈이 산업계에 중요한가”, 2020년 6월. <https://www.juniperresearch.com/whitepapers/why-digital-twins-are-critical-to-the-industrial>.
- 2 디지털 트윈 컨소시엄, “디지털 트윈의 정의.” <https://www.digitaltwinconsortium.org/hot-topics/the-definition-of-a-digital-twin.htm>.
- 3 Maria João Ribeirinho, Jan Mischke, Gernot Strube, Erik Sjödin, Jose Luis Blanco, Rob Palter, Jonas Björck, David Rockhill 및 Timmy Andersson, “건축의 차세대 표준”, McKinsey & Co., 2020년 6월. <https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/The%20next%20normal%20in%20construction/The-next-normal-in-construction.pdf>.
- 4 디지털 트윈 컨소시엄 및 CESMII(스마트 제조 연구소), “디지털 트윈 컨소시엄, CESMII(스마트 제조 연구소)와의 연계 발표”, 2021년 11월. <https://www.digitaltwinconsortium.org/press-room/11-02-21.htm>.



**Harvard
Business
Review**

ANALYTIC SERVICES

회사 소개

Harvard Business Review Analytic Services는 Harvard Business Review 그룹 내의 독립적인 상업적 연구 부서로서, 중요한 경영 과제와 새롭게 떠오르는 비즈니스 기회에 대한 연구 및 비교 분석을 수행합니다. 비즈니스 인텔리전스와 피어 그룹 인사이트를 제공하려는 목적 하에, 독자적인 정량적/정성적 연구 및 분석 결과를 기반으로 각 보고서를 발표합니다. 정량적 설문조사는 HBR 자문 위원회, HBR의 글로벌 연구 패널과 함께 진행되며, 정성적 조사는 *HBR* 저자 커뮤니티 내외의 고위 비즈니스 임원 및 주제별 전문가들과 함께 진행합니다. hbranalyticservices@hbr.org으로 이메일을 보내주십시오.

hbr.org/hbr-analytic-services