

DIGITAL TWIN

FOR STORAGE INFRASTRUCTURE

A digital twin is a digital copy of a real system. As part of the European ENOUGH project, the VCBT is working on a digital twin of a storage infrastructure for hard fruit. This digital twin can help us control fruit quality, avoid storage risks and save energy. A first demonstration of how our virtual twin can predict the hardness of Conference pear during storage has already been given.

DIGITAL TWINS? WHAT AND WHY?

A DIGITAL TWIN INTEGRATES KNOWLEDGE FROM DIFFERENT NIVEAUS

After harvest, we have several common goals: first, to preserve the quality of the fruit as well and as long as possible, and second, to minimize storage risks and energy consumption during storage. For the first goal, we use (dynamically) controlled atmosphere conditions, abbreviated (D)CA. The second goal is more challenging because there is no way to control the quality of stored

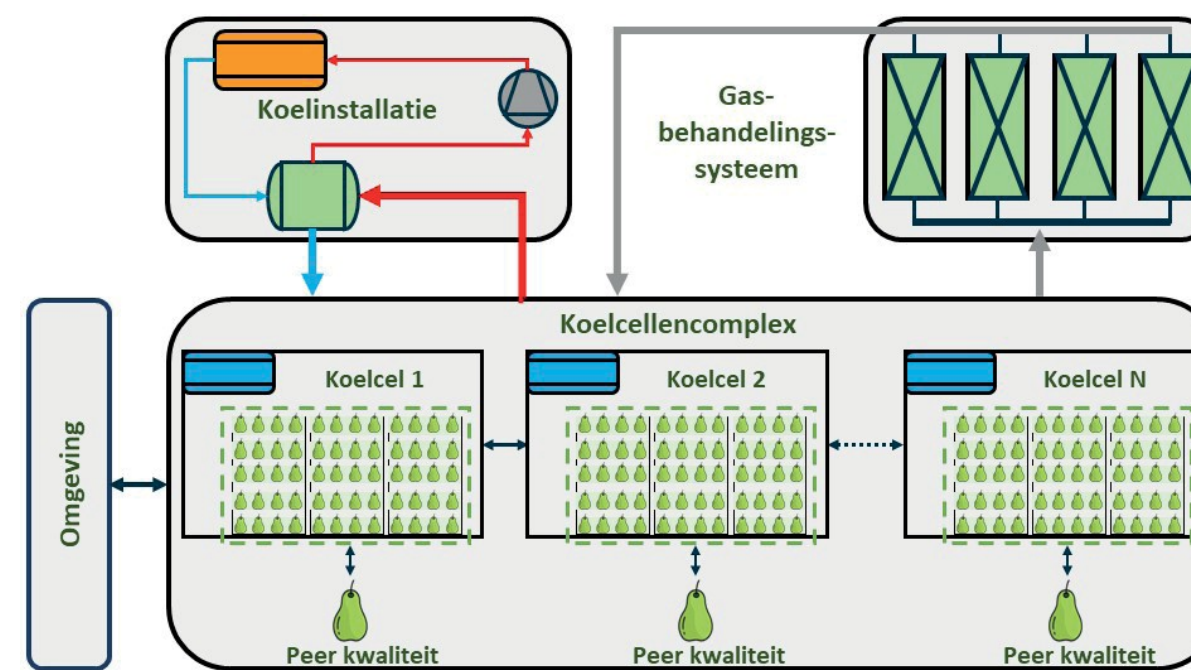
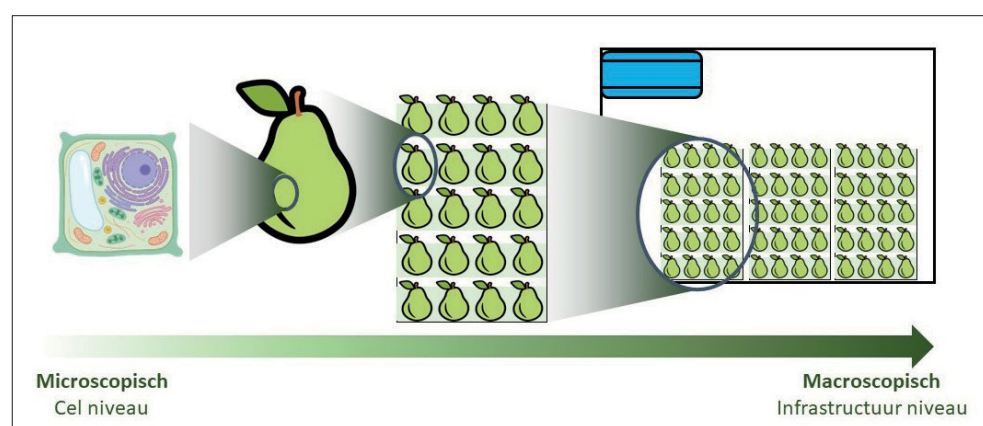
monitor fruits during storage without opening the cold rooms. Workers face a safety risk when opening cold rooms at low oxygen conditions and they also interfere with storage. Regarding energy management, it is even more difficult because many factors are related to it, such as the presence of different batches of fruit with their own optimal conditions and the different schedules of storage duration. If we have a digital copy of our storage infrastructure that can mimic system behavior, we can use it to then develop a good strategy to properly manage storage risks and save energy.

HOW TO BUILD A DIGITAL TWIN?

To build a digital twin, we first need to have a good understanding of the underlying principles behind system behavior. This can range from the microscopic level (what happens inside a fruit) to the macroscopic level (for example, the refrigeration system: Figure 1). Far- according, we need to convert this knowledge into mathematical equations (called models) to implement in a computer system. In this phase

researchers are going to have to make decisions to simplify the complexity of scientific knowledge, taking into account certain constraints but maintaining the accuracy of the system. Figure 2 shows a digital system we want to build for a complete storage infrastructure. The digital system includes several virtual components: fruit quality, cold stores, a refrigeration system and a gas treatment system. The digital system then receives signals from the real system and surrounding environment through sensors to become a digital twin that can interact with reality.

Figure 1: Representation of the different levels of knowledge which are included in the digital twin.



are included in the fine-tuning of digital twins.

DIGITIZATION OF FRUIT QUALITY: A FIRST STEP

Our first focus is on managing quality risks during preservation. That's why we started building quality models, the first component of a virtual system. Our models use information about storage temperature and gas conditions (oxygen and carbon dioxide) to predict fruit quality changes taking into account the respiratory activity of the product. Figure 3 illustrates such a prediction from our hardness model for Conference pear kept under DCA at -1 °C. Our model prediction seems to match reality reasonably well, but there is still room for improvement.

We are now improving these quality models by bringing in knowledge of the plant hormone ethylene. Indeed, ethylene has an important influence on the ripening of climacteric fruits such as pear. Next, these quality models will be integrated with models of the other components to create a complete virtual storage infrastructure for hard fruit to further explore potential applications.



VIRTUALIZATION OF A STORAGE INFRASTRUCTURE USING A DIGITAL TWIN

A digital twin is a digital copy of a real system. As part of the European ENOUGH project, VCBT is involved in developing a digital twin of a storage infrastructure for pome fruits. This digital twin can help us monitor the quality of the fruit, avoid storage risks, and save energy. A first demonstration has already been given on how our virtual twin can predict the firmness of Conference pears during storage. This model predicts the quality of the fruit based on the actual temperature and gas conditions.

This work was made possible in part by the ENOUGH project which is part of the European Horizon 2020 program (Project No. 101036588)

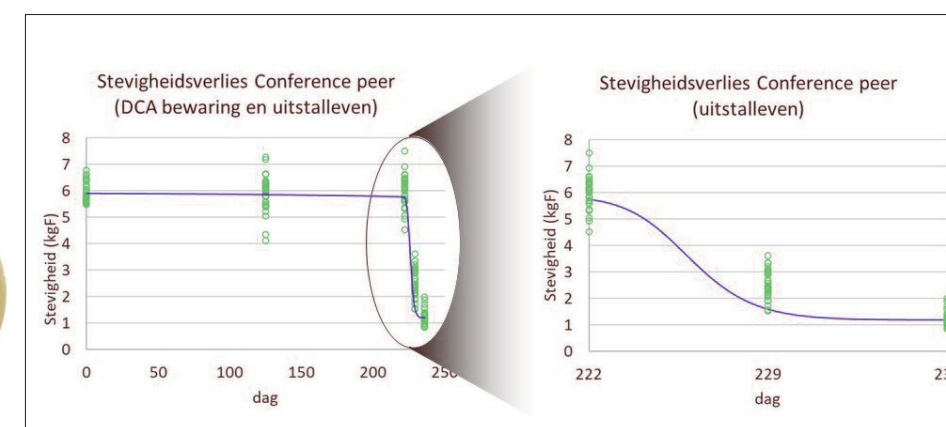


Figure 3: Firmness losses of Conference pear during long storage under dynamically controlled atmosphere conditions (DCA) followed by 14 days of shedding (purple: prediction; green: observations)



DIGITALE TWEELING VOOR BEWAARINFRASTRUCTUUR

Een digitale tweeling (digital twin) is een digitale kopie van een echt systeem. In het kader van het Europese ENOUGH project werkt het VCBT aan een digitale tweeling van een bewaarinfrastructuur voor hardfruit. Deze digitale tweeling kan ons helpen de kwaliteit van het fruit te controleren, bewaarrisico's te vermijden en energie te besparen. Er werd al een eerste demonstratie gegeven van hoe onze virtuele tweeling de hardheid van Conference peer tijdens de bewaring kan voorspellen.

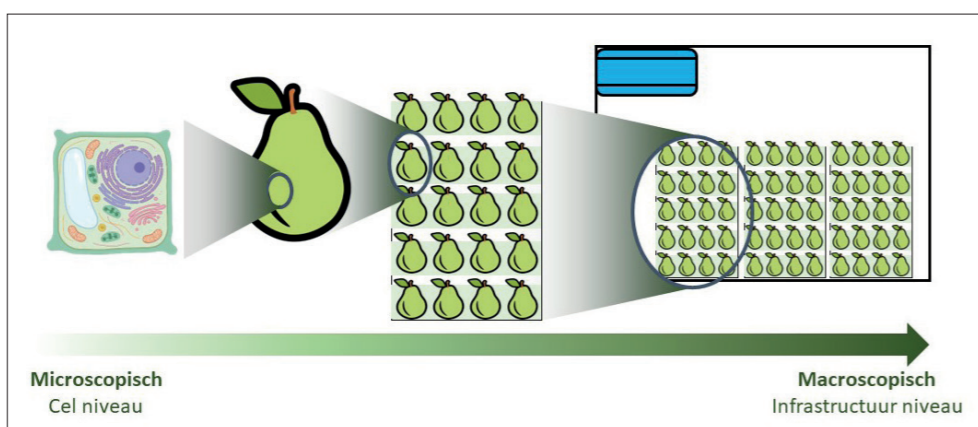
DIGITALE TWEELING? WAT EN WAAROM?

EEN DIGITALE
TWEELING
INTEGREERT
KENNIS VAN
VERSCHILLENDE
NIVEAUS

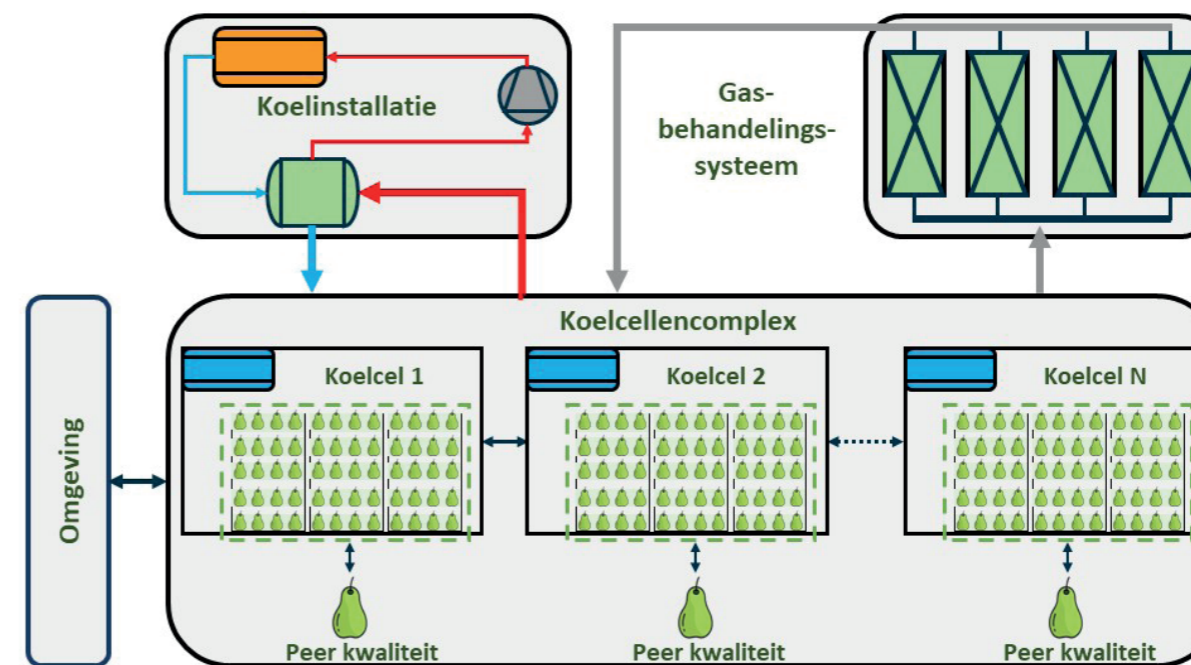
Na de oogst hebben we een aantal gemeenschappelijke doelstellingen: ten eerste, de kwaliteit van het fruit zo goed en zo lang mogelijk behouden, en ten tweede bewaarrisico's en energieverbruik tijdens de bewaring minimaliseren. Voor het eerste doel maken we gebruik van (dynamisch) gecontroleerde atmosfeer condities, afgekort tot (D)CA. Het tweede doel is meer uitdagend omdat er geen manier is om de kwaliteit van opgeslagen vruchten tijdens de bewaring te monitoren zonder de koelcellen te openen. Werknemers lopen een veiligheidsrisico bij de opening van koelcellen bij lage zuurstofconditie en ze interfereren ook met de bewaring. Ten aanzien van energiebeheer ligt het nog moeilijker omdat veel factoren hiermee samenhangen, zoals de aanwezigheid van verschillende partijen fruit met hun eigen optimale condities en de verschillende planningen van bewaarduur. Als we een digitale kopie hebben van onze bewaarinfrastructuur die het systeemgedrag kan nabootsen, kunnen we die gebruiken om vervolgens een goede strategie te ontwikkelen om bewaarrisico's goed te beheersen en energie te besparen.

HOE BOUW JE EEN DIGITALE TWEELING?

Om een digitale tweeling te bouwen moeten we eerst de onderliggende principes achter het systeemgedrag goed begrijpen. Dit kan uiteenlopen van microscopisch niveau (wat gebeurt binnen in een vrucht) tot macroscopisch niveau (bijvoorbeeld de koelinstallatie: Figuur 1). Vervolgens moeten we deze kennis omzetten in wiskundige vergelijkingen (de zogenaamde modellen) om deze te implementeren in een computersysteem. In deze fase gaan onderzoekers beslissingen moeten nemen om de complexiteit van wetenschappelijke kennis te vereenvoudigen, rekening houdend met bepaalde beperkingen maar met behoud van de nauwkeurigheid van het systeem. Figuur 2 toont een digitaal systeem dat we willen bouwen voor een volledige bewaarinfrastructuur. Het digitale systeem omvat verschillende virtuele componenten: fruitkwaliteit, koelcellen, een koelsysteem en een gasbehandelingsysteem. Het digitale systeem ontvangt vervolgens signalen van het echte systeem en de omgeving via sensoren om zo een digitale tweeling te worden die kan interageren met de realiteit.



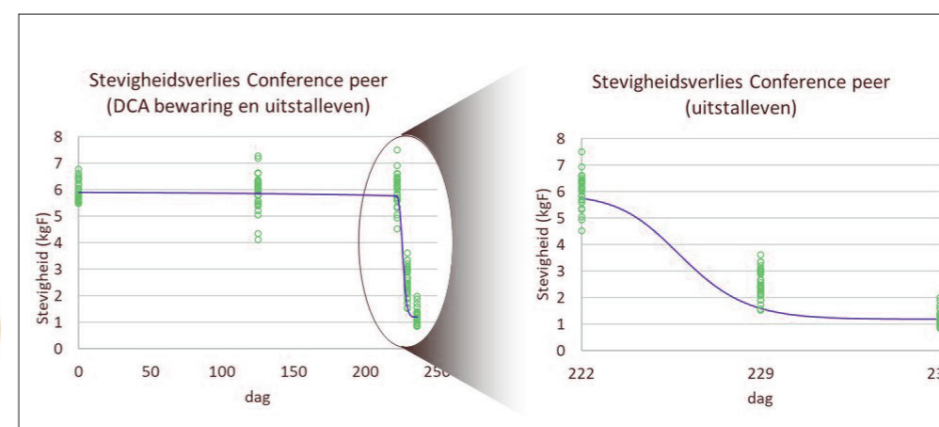
Figuur 1: Weergave van de verschillende kennisniveaus die zijn opgenomen in de digitale tweeling.



Figuur 2: Een overzicht van de verschillende componenten van de virtuele bewaarinfrastructuur die worden meegenomen bij het op punt stellen van digitale tweeling.

DIGITALISERING VAN FRUITKWALITEIT: EEN EERSTE STAP

Onze eerste focus ligt op het beheren van kwaliteitsrisico's tijdens bewaring. Daarom zijn we begonnen met het bouwen van kwaliteitsmodellen, de eerste component van een virtueel systeem. Onze modellen gebruiken informatie over de bewaartemperatuur en de gascondities (zuurstof en koolstofdioxide) om kwaliteitsveranderingen van het fruit te voorspellen rekening houdend met de ademhalingsactiviteit van het product. Figuur 3 illustreert zo'n voorspelling van ons hardheidsmodel voor Conference peer bewaard onder DCA bij -1 °C. Onze modelvoorspelling lijkt redelijk goed overeen te komen met de werkelijkheid, maar er is nog ruimte voor verbetering.



Figuur 3: Stevigheidsverliezen van Conference peer tijdens lange bewaring onder dynamisch gecontroleerde atmosfeer condities (DCA) gevolgd door 14 dagen uitstalling (paars: voorspelling; groen: observaties)

VIRTUALIZATION OF A STORAGE INFRASTRUCTURE USING A DIGITAL TWIN

A digital twin is a digital copy of a real system. As part of the European ENOUGH project, VCBT is involved in developing a digital twin of a storage infrastructure for pome fruits. This digital twin can help us monitor the quality of the fruit, avoid storage risks, and save energy. A first demonstration has already been given on how our virtual twin can predict the firmness of Conference pears during storage. This model predicts the quality of the fruit based on the actual temperature and gas conditions.

Dit werk werd mede mogelijk gemaakt door het ENOUGH project dat kadert in het Europese Horizon 2020 programma (Project No 101036588)

