

SMART Circulair

Empowering the Future

ENERGIE-NEUTRAAL BOUWEN



Colofon

Kandidaten

Naam:	Studentennummer:	Mailadres:
Deniz Bayram	9014686	9014686@student.zadkine.nl
Jens van Tigchelen	9018394	9018394@student.zadkine.nl
Ronald Mierop	9006989	9006989@student.zadkine.nl

Commissie

Frank van Noort	Schoolbegeleider
Martijn Sterk	Schoolbegeleider
Jacob Kooistra	Schoolbegeleider
Roy Pellikaan	Pellikaanbouw
Imke Geerts	Pellikaanbouw
Tanja Nolten	SMARTCirculair

Adressen

Techniek College Rotterdam
Jan Lichthartstraat 250
3083 AM, Rotterdam

Pellikaanbouw.BV
Professor Cobbenhagenlaan 35
5037 DB, Tilburg

Inhoudsopgave

Zandbatterij.....3

PCM-zandsilo4

Zoutbatterij.....5

WTW-unit6

Zonne-energie (Koepel)8

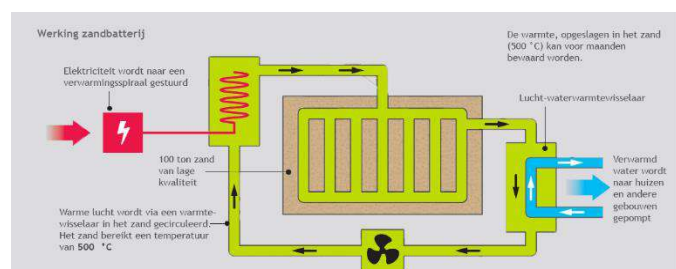
Zandbatterij

van zand als thermisch opslagmedium, dat door middel van elektrische verwarming tot hoge temperaturen wordt gebracht. De warmte blijft langdurig behouden dankzij de hoge thermische capaciteit van zand en kan op elk gewenst moment worden vrijgegeven om het gebouw te verwarmen.

Het principe is eenvoudig: in een goed geïsoleerd reservoir wordt speciaal geselecteerd zand opgeslagen, dat wordt opgewarmd met overtollige duurzame energie uit bronnen zoals zonne- en windenergie. Wanneer er warmte nodig is, wordt deze via een warmtewisselaar naar het verwarmingssysteem van het gebouw geleid, waardoor energieverbruik en kosten worden verlaagd.



Naast efficiëntie biedt een zandbatterij in de kelderbak van een pand verschillende voordelen. Het systeem draagt bij aan duurzaamheid door het optimaal benutten van overtollige groene stroom, terwijl het tegelijkertijd de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen vermindert. Bovendien zorgt de kelderbak voor een slimme en ruimtebesparende installatie, waardoor woonoppervlak niet wordt aangetast. De lagere energiekosten en de betrouwbare warmteopslag maken dit concept een aantrekkelijke oplossing voor zowel woningen als bedrijfspanden die streven naar een groenere toekomst. Met een zandbatterij wordt een pand energie-efficiënter, duurzamer en onafhankelijker van conventionele verwarmingssystemen—een slimme stap richting een milieuvriendelijke toekomst.



PCM-zandsilo

Een silo gevuld met zand en **faseovergangsmaterialen (PCM)** is een geavanceerde manier om warmte efficiënt op te slaan en te benutten. PCM-materialen hebben de unieke eigenschap dat ze bij een specifieke temperatuur van fase veranderen—bijvoorbeeld van vast naar vloeibaar—en tijdens dit proces enorme hoeveelheden warmte absorberen of afgeven. In combinatie met zand, dat een hoge thermische capaciteit heeft, wordt een duurzaam systeem gecreëerd dat warmte langdurig kan vasthouden en gecontroleerd kan vrijgeven wanneer dat nodig is.

Hoe werkt een PCM-zandsilo?

Een **geïsoleerde silo** gevuld met zand en PCM werkt als een thermische batterij. Wanneer overvloedige warmte beschikbaar is, bijvoorbeeld uit zonne-energie of industriële processen, wordt deze gebruikt om de PCM te verwarmen. Zodra het PCM smelt, slaat het de warmte op. Wanneer de omgeving afkoelt, stolt het PCM weer en geeft het de opgeslagen warmte terug aan het zand, dat de energie vervolgens vrijmaakt naar het verwarmingssysteem van een gebouw.

Waar plaats je de silo?

De **kelderbak** van een gebouw is een uitstekende locatie, omdat deze doorgaans goed geïsoleerd is en voldoende ruimte biedt zonder dat het woonoppervlak wordt aangetast. Daarnaast kan de silo ook worden geplaatst in een **technische ruimte**, ondergrondse opslagfaciliteit of een externe **geïsoleerde module**, afhankelijk van de beschikbare infrastructuur en het energiebehoefteprofiel van het pand.

Zoutbatterij

In mijn gebouw ga ik een **Fortona Titan Energy & Power zoutbatterij** installeren, samen met een **omvormer** en een **energie managementsysteem (EMS)**. Deze drie componenten werken nauw samen om duurzame energie efficiënt op te slaan, te beheren en te gebruiken.

Hoe werken ze samen?

Zoutbatterij: De Fortona Titan Energy & Power zoutbatterij slaat overtollige duurzame energie op in de vorm van thermochemische warmte. Wanneer energie niet direct nodig is, wordt deze omgezet in een stabiele chemische verbinding die geen zelfontlading kent en langdurig beschikbaar blijft.

Omvormer: Omdat zonnepanelen en andere duurzame energiebronnen meestal **gelijkstroom (DC)** produceren, zet de omvormer deze energie om in **wisselstroom (AC)**, zodat het kan worden gebruikt door elektrische apparaten in het gebouw. Daarnaast kan de omvormer ook werken in omgekeerde richting, waarbij hij energie uit de batterij weer omzet voor het netwerk van het gebouw.

Energie Management Systeem (EMS): Het EMS bewaakt en regelt het gehele proces. Dit slimme systeem monitort de energieproductie, opslag en verbruik in real-time en bepaalt **wanneer** energie moet worden opgeslagen in de zoutbatterij of vrijgegeven aan het gebouw. Hierdoor wordt het energieverbruik **geoptimaliseerd**, zodat ik de beschikbare energie zo efficiënt mogelijk benut.



Waar wordt alles geplaatst?

De **technische ruimte of kelderbak** is de ideale locatie voor deze installatie. Hier zijn de zoutbatterij, omvormer en EMS goed beschermd, terwijl ze optimaal verbonden zijn met de energiestromen in het gebouw. Dit zorgt voor een **naadloze integratie** zonder dat het werkoppervlak wordt aangetast.

WTW-unit

De **Zehnder ComfoAir Q650** is een geavanceerde **warmteterugwin-unit (WTW)** die zorgt voor efficiënte ventilatie en een gezond binnenklimaat. Dit systeem is ontworpen om energiezuinig te werken en tegelijkertijd een hoog comfortniveau te bieden. In dit rapport wordt beschreven waar de vier units in een kantoorpand worden geplaatst, inclusief technische details zoals afmetingen en ventilatiecapaciteit.

Plaatsing van de vier units

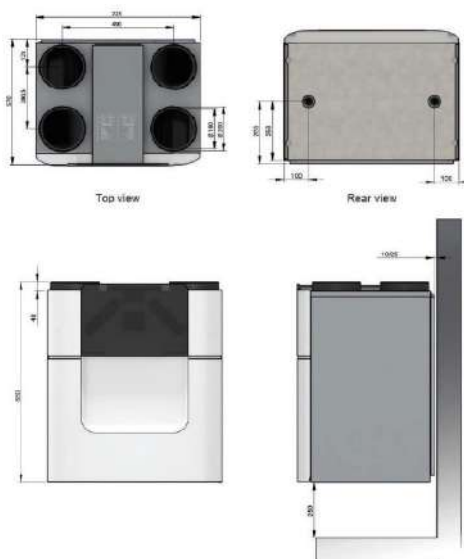
Voor optimale prestaties en luchtcirculatie worden de vier **Zehnder ComfoAir Q650** units strategisch geplaatst in het kantoorpand:

Technische ruimte op de begane grond – Hier wordt een unit geplaatst om de ventilatie van de gemeenschappelijke ruimtes, zoals de lobby en vergaderruimtes, te verzorgen.

Dakinstallatie – Een unit wordt op het dak geïnstalleerd om de bovenste verdiepingen van frisse lucht te voorzien en warme lucht efficiënt af te voeren.

Serverruimte – Een unit wordt specifiek geplaatst in de serverruimte om de luchtkwaliteit en temperatuur optimaal te reguleren, wat essentieel is voor de werking van elektronische apparatuur.

Werkvloer (open kantoorruimte) – De laatste unit wordt in een technische ruimte nabij de werkplekken geplaatst om een constante toevoer van frisse lucht te garanderen en CO₂-niveaus te reguleren.



Technische specificaties

Afmetingen: De Zehnder ComfoAir Q650 heeft een compacte en efficiënte vormgeving met een afmeting van **850 x 700 x 570 mm**.

Ventilatiecapaciteit: Deze unit kan tot **650 m³/h** ventileren, wat voldoende is voor middelgrote tot grote kantoorruimtes.

Warmteterugwinning: Het systeem heeft een **efficiëntie tot 92,3%**, waardoor het energieverbruik aanzienlijk wordt verminderd.

Geluidsniveau: De unit is ontworpen om **stil** te werken, met een geluidsniveau van ongeveer **35 dB**, wat ideaal is voor kantooromgevingen.

Vorstbescherming: De ComfoAir Q650 beschikt over een **modulerende voorverwarmer**, die voorkomt dat de unit bij lage temperaturen minder efficiënt werkt.



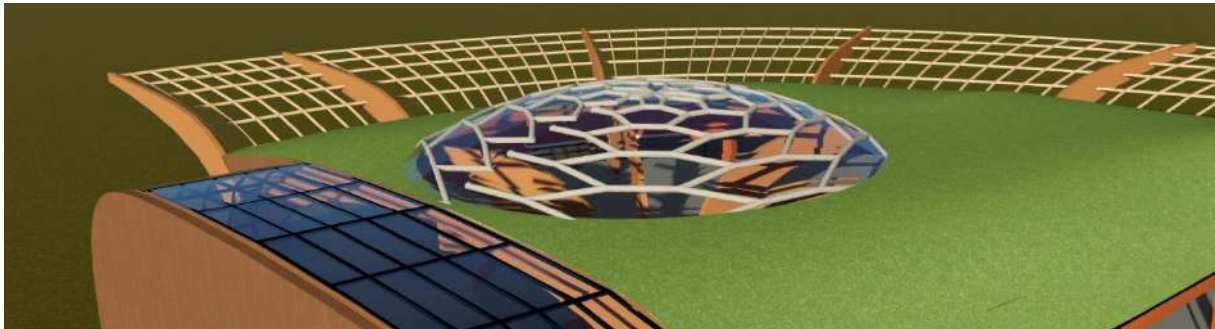
Zonne-energie (Koepel)

Dit innovatieve energieconcept combineert **zonne-energie en windenergie** in een dynamisch, roterend koepelsysteem bovenop een gebouw. De koepel is ontworpen om **360° mee te draaien** met de zon, waardoor de geïntegreerde zonnepanelen continu de optimale lichtinval hebben. Onder deze koepel bevindt zich een **verticale windturbine**, die profiteert van luchtstromen en extra energie genereert. Dit systeem biedt een **hoogwaardige, ruimtebesparende en duurzame oplossing** voor energieopwekking in stedelijke en commerciële gebouwen.

Ontwerp en werking

De koepel is **deels transparant**, waardoor natuurlijk daglicht binnendringt en tegelijkertijd een efficiënte opwekking van zonne-energie mogelijk is. De **50% bedekking met fotovoltaïsche zonnecellen** zorgt ervoor dat het systeem een groot deel van de dag elektriciteit produceert. De koepel beweegt zich **automatisch mee met de zon** door middel van een gemotoriseerd rotatiesysteem dat wordt aangestuurd door zonpositiesensoren.

Onder de koepel bevindt zich een **verticale windturbine**, die gebruikmaakt van de gecreëerde luchtstroom en extra energie opwekt. Dit zorgt ervoor dat het systeem **dag en nacht energie kan genereren**, afhankelijk van zonlicht en windcondities.



Technische Specificaties

Koepel

- **Diameter:** 6-10 meter (afhankelijk van gebouw en installatiecapaciteit)
- **Rotatiesysteem:** Volledig **automatisch met zonnevolgsysteem**
- **Materiaal:** Transparant hoogwaardig polycarbonaat en aluminium frame
- **Bedekking zonnecellen:** **50% van de oppervlakte** met monokristallijne fotovoltaïsche cellen

Zonnepaneelcapaciteit

Energieopbrengst: Tot **8 kWp** (kilowattpiek), afhankelijk van zonlichtsterkte en paneel efficiëntie

Jaarlijkse energieproductie: Gemiddeld **8.000 - 10.000 kWh** (afhankelijk van zonuren en locatie)

Energieverbruik optimalisatie: Geïntegreerde **batterijopslag of netkoppeling** voor efficiënte benutting.

Windturbine

Type: Verticale as-windturbine

Gemiddelde energieproductie: **3-5 kW** afhankelijk van windsterkte

Jaarlijkse energieopbrengst: Tot **5.000 kWh**, afhankelijk van lokale windcondities

Materiaal: Lichtgewicht composiet en koolstofvezel voor lage frictie en hoge efficiëntie

4. Energieopwekking en opslag

Door het combineren van **zonne- en windenergie**, kan dit systeem jaarlijks een totaal van **12.000 - 15.000 kWh** opwekken, wat voldoende is om een **middelgroot kantoorpand grotendeels zelfvoorzienend te maken**.

Een **energie managementsysteem (EMS)** regelt de distributie van opgewekte energie, zodat het efficiënt wordt gebruikt voor directe verbruikers, batterijopslag of teruglevering aan het elektriciteitsnet. Dit **minimaliseert verspilling en optimaliseert het rendement** van het systeem.