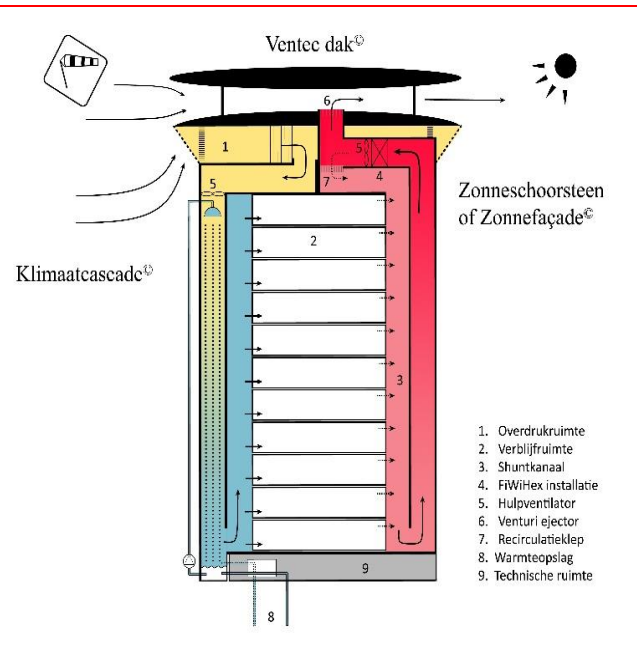


1. Principe Earth, Wind & Fire concept

Ventilatielucht wordt op dak niveau door de wind aangevoerd en stroomt via de overdrukruimte naar een verticale schacht, de klimaatcascade. Hier wordt door sproeiers water van ca. 13°C toegevoerd, waardoor de lucht naar beneden stroomt en door overdruk via een parallelle toevoerschacht over de verdiepingen wordt verdeeld. De lucht wordt via een afvoerschacht 3 door de zonneschoorsteen afgezogen en na warmteterugwinning 4 via het Ventecdak naar buiten afgevoerd. Hulpventilatoren zorgen onder alle weersomstandigheden voor voldoende ventilatie. Koude wordt met behulp van een WKO-installatie aan de bodem onttrokken. Zonne-energie wordt geogst in de zonneschoorsteen, een dominant en architecturaal uitdagend bouwdeel.



2. Het EWF-concept in de gestapelde woningbouw

Collectieve ventilatiesystemen op basis van het EWF- concept bieden m.b.t. thermisch- en akoestisch comfort, luchtkwaliteit, gezondheid en energiezuinigheid vele voordelen ten opzichte van de gebruikelijke individuele ventilatiesystemen per appartement (zie bijlage). Het EWF-concept, dat in de gestapelde woningbouw niet eerder is toegepast, maakt gebruik van bouwkundige elementen en vormt als zodanig een synthese tussen installatietechniek en architectuur. In de. De klimaatcascade en de toevoerschacht kunnen in principe in pandig in de bouwmassa worden geïntegreerd, parallel aan een stijgpunt. De architecturale integratie van de zonneschoorsteen in de gevel is echter een bijzondere uitdaging, vooral omdat in een energieneutrale hoogbouw de gevel een belangrijke rol speelt voor het oogsten van de nodige zonne-energie. De uitvoering van de gevel is hierdoor mede afhankelijk van de energievraag van het gebouw. De architecturale mogelijkheden en beperkingen van het gevelontwerp kunnen dwingend zijn voor de keuze van het installatie- en energieconcept van het gebouw. Kortom: Het toepassen van het EWF-concept vraagt om een integrale benadering van architectuur en techniek.

3. De casus

Een woningcorporatie bouwt een appartementsgebouw met 96 tweekamerwoningen van elk gemiddeld ca. 50 m² bruto vloeroppervlak. Hiervoor worden 2 varianten uitgewerkt- zie figuur 1:

Variant A: Een achtspanner met 12 bouwlagen van 8 woningen

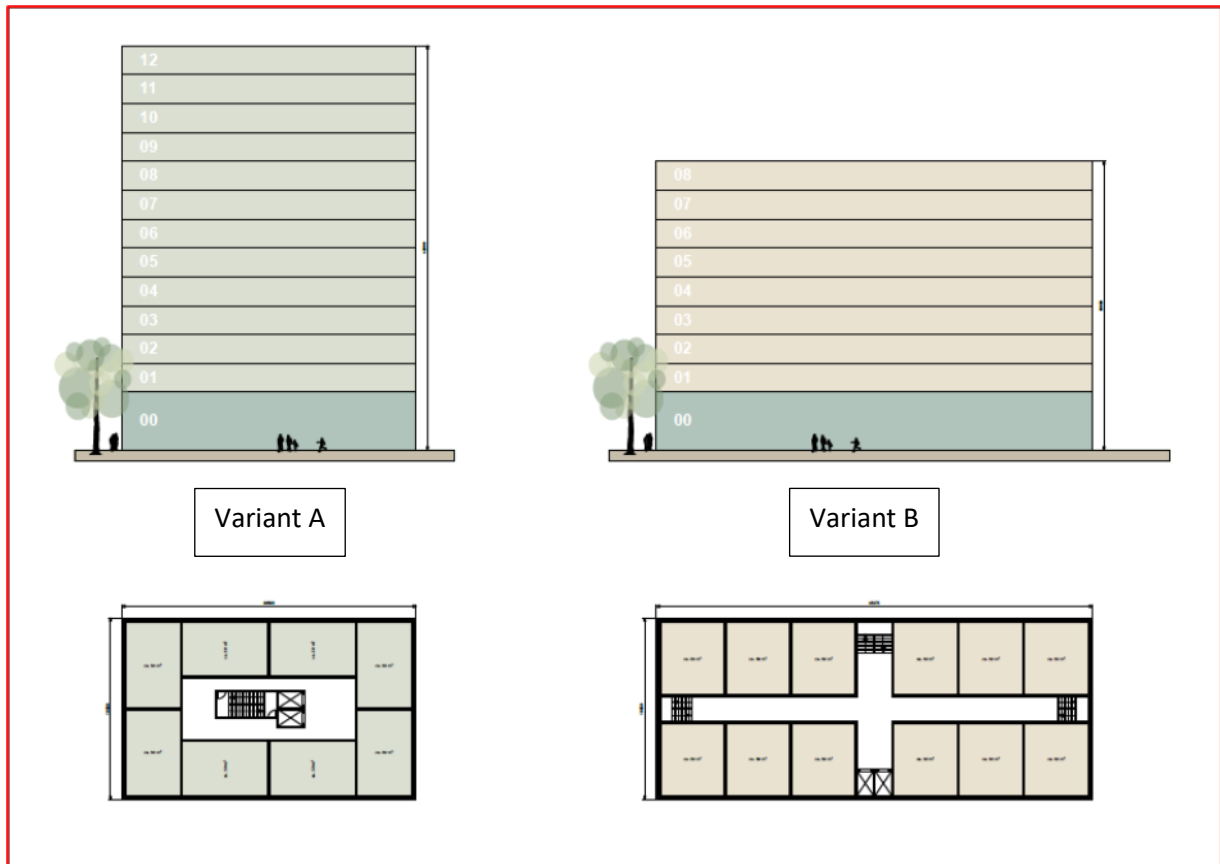
Variant B: Een corridor-ontsluiting met 8 lagen van 12 woningen

De begane grond is vrij van woningen t.b.v. parkeren, bergingen, entree en techniekruimte voor warmtepompen en WKO. De technische voorzieningen t.b.v. het EWF-concept zijn samen met de lift-machineruimte in het hoofdvolume opgenomen ten koste van enig woonoppervlak. Parkeren is geen onderdeel van de studie.

De appartementen worden natuurlijk geventileerd met een collectief gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning op basis van het Earth, Wind & Fire concept en een gemiddeld ventilatiecapaciteit volgens Bouwbesluit van 160 m³/h. Via een klimaatcascade in de kern wordt lucht met een constante temperatuur van ca. 18°C aan de woonruimten toegevoerd. Via de zonneschoorsteen wordt de lucht uit de natte ruimte en keukens afgezogen.

De appartementen worden verwarmd met behulp van een collectief lage-temperatuur (LT) warmtenet 35°C gevoed door centrale warmtepompen. Als primaire warmtebron dient warmte uit via de zonneschoorsteen afgezogen lucht, zgn. Casathermie. Als secundaire warmtebron dient bodemwarmte uit

de WKO. De COP van de warmtepomp wordt geoptimaliseerd door menging van de twee warmtebronnen.



Figuur 1 – Globaal schema varianten A en B

Voor de warmtapwatervoorziening is er uit exploitatie technische overwegingen voorkeur voor een centraal hoge-temperatuur (HT) tapwaternet 65°C gevoed door centrale booster-warmtepompen (Variant 1). Alternatief wordt een decentrale warmtapwatervoorziening overwogen waarbij in elk appartement een booster warmtepomp geïnstalleerd, aangesloten op het LT-warmtenet (Variant 2). Verder moet worden nagegaan welke verbetering van de energieprestaties mogelijk zijn door toepassing van warmteterugwinning uit het douchewater (DWTW) (Variant 3).

In verband met de beoogde energieneutraliteit van het gebouw moet het benodigde energiegebruik in de 3 varianten moet worden gecompenseerd door opwekking van zonne-energie op het dak en de gevels, die op jaarbasis in balans moeten zijn¹. De energieprestaties van de verschillende installatieconcepten hebben hierdoor direct gevolgen voor het ontwerp van de gevels, die in de prijsvraag in beeld moeten worden gebracht. Op basis hiervan kunnen ook de totale kosten van de varianten, installaties + gevelvoorzieningen worden berekend, maar dit is geen onderdeel van de prijsvraag.

4. Zonneshoorste(n)en

Om de zonnestraling op het geveloppervlak optimaal te benutten wordt de zonneshoorsteen hybride uitgevoerd (PVT), d.w.z. dat naast thermische energie ook PV-stroom wordt opgewekt. PV-panelen op de achterwand dienen hierbij als absorber van zonne-energie. De breedte van de zonneshoorsteen dient idealiter te worden afgestemd op de standaardmaten van PV-panelen, ca. $1000 \times 1650 \text{ mm}$ of $1000 \times 2000 \text{ mm}$, maar op maat gemaakte panelen zijn mogelijk. De luchtsnelheid in de zonneshoorsteen kan worden gesteld op $\approx 1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. De minimumdiepte is 650 mm i.v.m. schoonmaakonderhoud van binnenuit. Bij een totale ventilatiecapaciteit van $(95 \times 160) = 15.200 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ is de minimum breedte $\approx 4,3 \text{ m}$.

¹ Vaak aangeduid als “nul-op-de-meter”

Voor de morfologie van de zonneshoorsteen, gevelmodel, piramidemodel, trapeziummodel en hoekmodel, in enkele, tweeling of meerling uitvoering, wordt verwezen naar paragraaf 4.1.9 van het proefschrift Earth, Wind & Fire: Natuurlijke Airconditioning- klik [here](#).

5. BIPV

Naast de PV-energie uit de zonneshoorsteen, wordt energie via de gevels geoogst met behulp van in de niet-transparante geveldelen geïntegreerde PV-panelen (BIPV).

6. Jaarlijkse gebouwgebonden energiegebruiken²

De geraamde jaarlijkse energiegebruiken van de varianten 1, 2 en 3 zijn aangegeven in tabel 1.

Variant →	1	2	3
Verwarming	Collectief LT-net 35°C	Collectief LT-net 35°C	Collectief LT-net 35°C
Ventilatie	Collectief EWF	Collectief EWF	Collectief EWF
Warm tapwater	Collectief HT-net 65°C	Individueel Booster WP	Individueel Booster WP
Douche WTW	Nee	Nee	Ja
Jaarlijks Energiegebruik	150.000 kWh _e	120.000 kWh _e	100.000 kWh _e

Tabel 1 – Energiegebruiken van drie varianten

7. Jaarlijkse energieopwekking

7.1 Zonnestraling op het dak

Voor de energieprestatie van de PV-panelen op het dak kan worden uitgegaan van een forfaitaire waarde van jaarlijks 80 kWh per m² dakoppervlak.

7.2 Zonnestraling op gevelvlakken

Voor de berekening van de effectieve energieopbrengst van de zonneshoorsteen kunnen de waarden van tabel 2 worden gebruikt.

Oriëntatie→	Oost	Zuidoost	Zuid	Zuidwest	West
Jaarsommen kWh.m ⁻²	651,5	815,2	862,4	807,9	648,8
Zonneshoorsteen $\eta = 10\%$	65	82	86	81	65
BIPV $\eta = 15\%$	98	122	129	121	97

Tabel 2 – Jaarsommen van de totale straling op verticale vlakken volgens NEN 5060 in kWh.m⁻²

7.3 Effectief energierendement PV-panelen in zonneshoorsteen

Een deel van de zonnestraling wordt gereflecteerd op de glaswand waardoor het effectieve rendement van de PV-panelen met een factor g, de zontoetredingscoëfficiënt, wordt gereduceerd. Uitgaande van PV-panelen met een energierendement van 18%, een g-waarde van 0,70 en 20% reductie i.v.m. hogere temperatuur kan worden gerekend met een effectief energierendement van 10%.

7.4 Energierendement BIPV-panelen

Het energierendement van de toe te passen BIPV-panelen wordt forfaitair gesteld op 15%. Dit geldt voor panelen zonder bedrukking met een kleur of een Visual. Daarbij kan gerekend worden met een verlies van 10-20% afhankelijk van de keuze in visuals- zie <https://www.solarvisuals.nl>

8. Het onderzoek

8.1 Stap 1

Kern van het onderzoek is het ontwerp van de gevels van het appartementsgebouw Variant A of Variant B waarin enerzijds Architectuur, Bouwbesluit en BENG-eisen, anderzijds uitzicht, daglichttoetreding, gevel-geïntegreerde PV-voorzieningen (BIPV) en de zonneshoorsteen zijn geharmoniseerd. Met de zonneshoorsteen in enkele, dan wel tweeling, drieling of meerling uitvoering en een morfologie naar keuze kan het EWF-concept op spectaculaire wijze worden gevisualiseerd en als eyecatcher voor het gebouw functioneren. Het Ventecdak is facultatief en maakt geen deel uit van de studie. De impact van het EWF-systeem voor de plattegronden dient schematisch te worden onderzocht, maar niet tot in de diepte uitgewerkt. De oriëntatie van het gebouw en de gevelindeling spelen bij het onderzoek een belangrijke rol. Deze kunnen in principe vrij worden gekozen.

² Exclusief Gebruikersgebonden energiegebruik

8.2 Stap 2

De energiegebruiken volgens tabel 6 zijn gebaseerd op het energiezuinige EWF-concept. Toepassing van traditionele ventilatiesystemen per appartement, met luchttoevoer via gevelroosters en individuele afzuigunits is ook mogelijk. Uitgaande van een centrale warmtapwatervoorziening volgens Variant 1 zonder douche WTW, en warmtevoorziening met lucht/water warmtepompen³ wordt het jaarlijks energiegebruik voor dit concept geraamd op 275.000 kWh. Gevraagd wordt wat de consequenties hiervan zijn voor het gevelontwerp. In hoeverre is energieneutraliteit⁴ hierbij haalbaar?

8.3 Stap 3

Bij de analyses van Stap 1 en Stap 2 is uitgegaan van het gebouwgebonden energiegebruik. In Stap 3 wordt nagegaan of en in hoeverre het gebouw energieneutraal⁴ zou kunnen gemaakt inclusief het gebruikersgebonden energiegebruik dat kan worden geraamd op 2.400 kWh per appartement per jaar.

9. In te dienen gegevens

- Gevelschetsen en energieberekeningen van de drie varianten in stap 1.
- Bevindingen over de potentie en de beperkingen van de gevel voor het oogsten van zonne-energie voor de casus.
- Conclusies voor de gestapelde woningbouw met meer bouwlagen, bijvoorbeeld 16, 20 of meer, bij evenredige verhoging van het gebouwgebonden energiegebruik.
- Korte beschouwing over de rol van de zonneshoorsteen in op de architectuur en de diverse bouwstijlen (max. 400 woorden). Wat zijn de architectonische mogelijkheden en kansen maar ook, wat zijn de beperking van het EWF-concept voor de architectuur van een gebouw?
- Wat zijn de mogelijkheden en de beperkingen van de zonneshoorsteen als verticaal element in een horizontale architectuur? (Max. 400 woorden).

10. Facultatieve uitbreiding van het onderzoek

Een uitgewerkt ontwerp van het EWF-concept voor een van de Varianten A of B inclusief klimaatcascade, structuur van het ventilatiesysteem en Ventecdak.

³ Dit concept wordt momenteel toegepast in een actueel woningbouwproject

⁴ "Nul-op-de-meter"

Bijlage: Het EWF-concept in de gestapelde woningbouw

In tegenstelling tot de gebruikelijke individuele ventilatiesystemen per appartement impliceert de toepassing van het EWF-concept in de gestapelde woningbouw een collectief ventilatiesysteem met warmteterugwinning. Ten opzichte van de individuele systemen biedt dit verschillende voordelen, in de volgorde van **People – Planet - Profit**:

▪ **Luchtkwaliteit (1)**

In stedelijke gebieden neemt de concentratie van de luchtverontreinigingen bij grotere hoogte af. Luchtvervuiling wordt hier door de thermiek van het warmte-eiland effect en door de wind verspreid en verdund. De fijnstof concentratie neemt vrijwel evenredig met de hoogte af. De luchtkwaliteit van de op dak niveau aangezogen ventilatielucht is hierdoor optimaal.

▪ **Luchtkwaliteit (2)**

In het sproeispectrum van de klimaatcascade worden verschillende luchtverontreinigingen en stofdeeltjes in de ventilatielucht geabsorbeerd, waardoor de luchtkwaliteit wordt verbeterd. Door het lage temperatuurniveau krijgt legionella geen kans en een hygiënische bedrijfsvoering wordt zeker gesteld door filtering en desinfectie van het sproeiwater.

▪ **Gezondheid**

De uit gezondheidsoverwegingen aan te houden relatieve luchtvochtigheid (RV) varieert tussen 30% in de winter en 70% in de zomer. Hierdoor wordt het risico op onaangename natte of droge huid, oogirritatie, statische elektriciteit, microbiële groei en aandoeningen van de luchtwegen te verminderen. In woongebouwen wordt normaliter niet aan deze eisen voldaan met als gevolg te lage RV in het stookseizoen en te hoge RV in de zomer.

▪ **Thermisch comfort**

Energiezuinigheid van gebouwen mag niet ten koste gaan van de binnenklimaatcondities, die in veel gebouwen, vooral in de zomermaanden, te wensen overlaat. Voor woningen is vooral de kwaliteit van de nachtrust van belang. Bij het EWF-concept wordt de ventilatielucht met ca. 18°C toegevoerd waardoor oververhitting in de zomermaanden wordt beperkt. Het EWF-concept anticipeert ook op klimaatverandering met warmere zomers, frequentere hittegolven en het warmte-eiland effect. Dit is het verschijnsel dat de temperatuur in een stedelijk gebied gemiddeld hoger is dan in het omliggende landelijk gebied. Tijdens de zomerperiode kan dit effect oplopen tot 4^o...8^oC.

▪ **Tochtvrij ventileren**

De ventilatielucht wordt met een temperatuur van $\approx 18^{\circ}\text{C}$ toegevoerd. Ventilatioorosters in de gevel zijn overbodig, en de inherente tochtproblemen in de wintermaanden worden vermeden.

▪ **Nachtrust**

In flatwoningen is het soms niet mogelijk 's nachts ramen in de slaapkamer te openen in verband met stadslawaai en/of inbraakrisico's. Bij het EWF-concept kunnen de ramen desgewenst worden geopend. Ramen gaan echter alleen open als de bewoner hier uit psychologische overwegingen of anderszins behoefte aan heeft. Natuurlijke ventilatie van hoogbouw in een urbane omgeving wordt hierdoor mogelijk zonder door het stadsverkeer of de luchtvaart veroorzaakte geluidsproblemen.

▪ **Coronaveiligheid**

Door verhoging van de relatieve vochtigheid in de wintermaanden drogen de met het Covid-19 virus besmette aerosolen minder uit, slaan daardoor sneller neer en blijft het virus minder lang in de ruimtelucht zweven.

▪ **Energie**

Het energiegebruik is aanzienlijk lager dan bij een conventioneel ventilatiesysteem. Voor een appartementsgebouw met 4 bouwlagen werd een besparing van 19% berekend. Als de koudelevering door de klimaatcascade ook wordt gezien als energiebesparing, is de totale energiebesparing 28%. Bij hogere gebouwen wordt de besparing groter.

▪ **Milieu-impact**

Toepassing van het EWF-concept geeft een tot 35% lagere uitstoot CO₂-equivalent door verminderd energiegebruik.

- **Materiaalgebruik**

Met betrekking tot materiaalgebruik is er vrijwel geen verschil in schaduwkosten met conventionele ventilatiesystemen

- **Profit (1)**

Robuust en onderhoudsarm concept met lange levensduur en lage exploitatiekosten. Geen slimme technologie met gecompliceerde en storingsgevoelige regelsystemen in de woning.

- **Profit (2)**

Lichte en snelle bouwwijze met thermische minder tolerante constructies zijn geen probleem.

- **Profit (3)**

Ideaal voor financiering en exploitatie door een ESCO.