



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

**AKDENİZ ÜLKELERİNDE NEREDEYSE SIFIR
ENERJİLİ BİNALARA (nSEB) DOĞRU
(TOWARDS NEARLY ZERO ENERGY
BUILDING:
CHALLENGE OF MEDITERRANEAN REGION)**

**STEFANO P. CORGNATI
VERENA MARIE BARTHELMES
CRISTINA BECCHIO
CECILIA GUALA
UNIVERSITY OF TORINO**



AKDENİZ ÜLKELERİNDE NEREDEYSE SIFIR ENERJİLİ BİNALARA (nSEB) DOĞRU

Stefano Paolo CORGNATI
Verena Marie BARTHELMES
Cristina BECCHIO
Cecilia GUALA

ÖZET

Neredeyse Sıfır Enerjili Binalara (NSEB) ulaşma çalışmaları kapsamında yüksek performanslı binaların planlanması ve inşa edilmesine olan ilgi Güney Avrupa ve Akdeniz ülkelerinde artarak devam etmektedir. Bu çalışmalar soğuk iklimlere göre özel tasarım metodolojileri ve yaklaşımları geliştiren Kuzey Avrupa ve İskandinav ülkeleri tarafından başlatılmıştır ve devam ettirilmektedir. Kuzey Avrupa ülkelerinin çalışmaları soğuk iklim bölgelerine özgü olduğu için bu ülkeler tarafından geliştirilmiş metodolojileri Akdeniz ikliminin özelliklerine uyarlanması gereklidir. Akdeniz ikliminde kışın ısıtma yükünün yanısıra yazın soğutma yükü de önemlidir. Bu çalışmada, Akdeniz ikliminde bina tasarımında karşılaşılan zorluklar hakkında genel ile Neredeyse Sıfır Enerjili Binalara (nSEB) İtalya'dan bir örnek verilecektir.

Anahtar Kelimeler: Akdeniz iklimi, Isıtma ve soğutma yükü, nSEB.

1. GİRİŞ

Güney Avrupa ve Akdeniz iklimlerindeki binalarda enerji performansı konusu son yıllarda artan bir önem kazanmıştır. Düşük enerjili binalara ilişkin ilk değerlendirmeler ve aksiyonlar Kuzey Avrupa ve İskandinav ülkelerinde ortaya çıkmıştır. Bir taraftan bu bağlamdaki tasarım deneyimlerinin ciddi olarak analiz edilmesi ihtiyacı, diğer taraftan kışın ısıtma yazın soğutma yükleri arasındaki doğru dengeyi bulmayı amaçlayan çözümlere olan ilgi mevcuttur.

Aslında düşük enerji tüketimli binalar konusu, ısıtma sırasındaki ısı yüklerinin kontrolünün esas olduğu dış iklim şartlarının dış hava ile serbest soğutmaya mümkün kıldığı, Avrupa'da ilk olarak Kuzey ülkelerinde ele alınmıştır. Buna karşın Güney Avrupa ve Akdeniz ülkelerinde enerji tüketimini ayrı ayrı yazın ısıtma, kışın soğutma için mümkün olduğunca azaltmak büyük bir tasarım zorluğudur. İklim bölgelerine ve koşullarına bağlı olarak, bu yükler Kuzey İtalya bölgesinde olduğu gibi ya da yazın soğutma ihtiyacı açısından birçok Akdeniz bölgesinde var olduğu şekilde karşılaştırılabilir.

Dolayısıyla, iklim koşulları temel alındığında karşılaşılan senaryolar son derece farklıdır; Güney Avrupa ülkelerinde iklim koşulları kış ve yaz tasarım sıcaklıkları ve bağıl nem bakımından büyük ölçüde değişir. Aslında, Akdeniz iklimi içinde yer alan birçok ülke birbirini izleyen soğuk ve kurak kışlar ile sıcak ve nemli yazlar örneğindeki gibi, Kuzey Avrupa'da bilinmeyen, değişken bir iklime sahiptir.

Dikkate alınması gereken bir başka önemli nokta, bu ülkelerde bina kütlelerinin enerji depolamada kullanımında, doğal havalandırmanın optimizasyonunda, sabit ve taşınabilir güneş kırıcıların kullanımında, ağaç ve çitlerin iklim etkilerini azaltıcı eleman olarak kullanımında olduğu gibi geleneksel olarak benimsenmiş iklim kontrol parametrelerinin yeniden ele alınmasıdır.

Tasarımcılar, geleneksel yapısal parametreler ve yaklaşımların yeni teknolojiler ile harmanlanmasından doğan pek çok fırsatla karşı karşıyadır. Akdeniz iklimindeki sıfır enerjili bina tasarımı ile ilgili spesifik parametreler ve her bir binanın bulunduğu iklim koşuluna uygun tasarlanması konusundaki farkındalığın geliştirilmesi gereklidir.

2. AKDENİZ İKLİMİNDE BİR nSEB BİNA TASARIMI

Şekil 1’de verilen ve CorTau Evi olarak adlandırılan bina, Akdeniz ikliminde tasarlanmış ve inşa edilmiş bir nSEB’ya iyi bir örnektir. Kuzey İtalya’da Piedmont bölgesinde yer alan bu tek katlı konut, nSEB enerji hedefini gerçekleştirmek amacıyla biyoiklimsel mimari prensipleri ve yüksek performanslı sistem kullanımı ile binanın enerji ihtiyacını azaltılmıştır [1, 2].

Analiz edilen Akdeniz ikliminde (İtalyan İklim Bölgesi E, 2549 derece-gün), nSEB tasarımının zorluğu, kışın ve yazın düşük enerji tüketimiyle bina içi konfor şartlarını sağlayacak özenli bir bina planlaması olarak özetlenebilir. Binada kullanılan stratejiler; binanın ve odaların yerleşiminden, kompakt ve optimize bina hacimlerinden, düşük hava sızdırmazlık değeri sağlayan güçlü bir dış kabuktan, duvarın dış yüzeyinde ısı köprüleri azaltmak ve yapının ısı ataletini arttırmak üzere yerleştirilmiş bir ısı izolasyon katmanından, iyi bir bina içi hava kalitesini garanti etmek için yüksek verimli ısı geri kazanım eşanjörüyle donatılmış mekanik bir havalandırmada sisteminden oluşur.



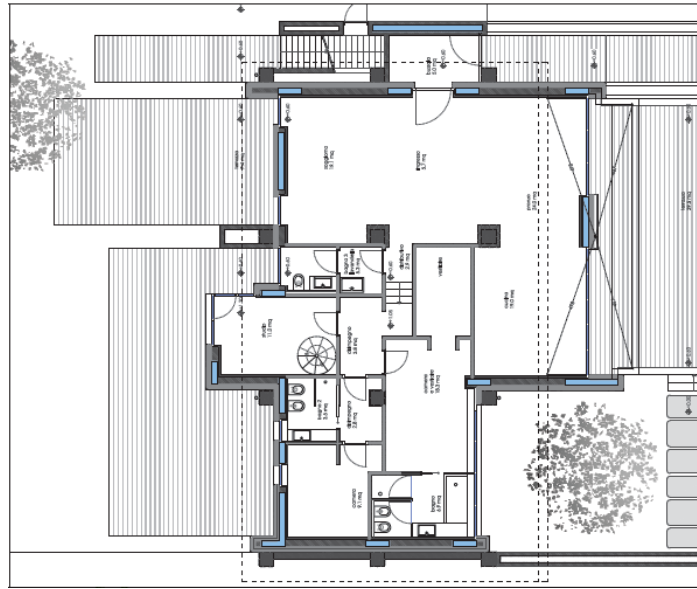
Şekil 1. CorTau Evi.

2014 Mart ayında inşasına başlanan binanın yapımı sürmektedir. Mevcut bir konuttan adapte edilen CorTau evi, tamamen elektrik enerjisi kullanmakta ve tüm enerji ihtiyacını fotovoltaik pillerden karşılamaktadır. Bina herhangi bir fosil kaynak kullanmamaktadır.

Piedman bölgesinde oldukça yaygın olan ve “curmà” olarak adlandırılan geleneksel kırsal bir binadan adapte edilen bu ev (taban alanı = 130 m²; net havalandırma hacmi = 390 m³), bölgesel ve ulusal düzeyde yüksek performanslı binaların modellenmesinde uygulama ve tekrarlanabilirlik açısından güzel bir örnek sunmaktadır. Mimari proje, geleneksel kırsal mimariden etkilenmiştir. Mevcut binaya yeni tek katlı bir hacim eklenmiştir, bu hacim binanın mevcut çatısı altına yerleştirilmiştir. Ek hacim geleneksel kırsal mimariye uygun olarak inşa edilmiştir. Biyoiklimsel mimari prensipleri içeren eski bir sezgisel tecrübe yeni bina planlarında mimari tasarıma yol göstermiştir. Mevcut binada güney cephesi cam kaplı, kuzey cephesi ise duvardır. Yeni kısımda güney cephesi çoğunlukla cam kaplı, kuzey cephesi ise küçük pencere olarak tasarlanmıştır. Güney tarafındaki pencerelere, kışın güneş kazancını maksimize etmek, yazın ise aşırı ısınmadan korunmak için dikkatli bir şekilde tasarlanmış yatay güneş kırıcılar uygulanmıştır. Ayrıca hem akustik kaygılar göz önüne alınarak hem de güneş kontrol amaçlı bazı ağaçların ve çitlerin düzenlenmesi için de çalışmalar yürütülmüştür. Bina içi konforu kullanım sırasında maksimize etmek için odalar; oturma odası, ana yatak odası ve büyük teras güney cephesine, tek kişilik yatak odası, çalışma odası ve banyolar kuzey cephesine yerleştirilmiştir (Şekil 2.).

Evin iskeleti, kuzey-güney doğrultusunda yerleştirilmiş, güçlendirilmiş olan betonarme taşıyıcı duvarlardan oluşur. Hem betonarme taşıyıcı duvarlardan, hem de taş dolgu duvarlardan oluşan dikey dış kabuğun tamamı 16-cm taş yünü panelden yapılan dış yalıtım katmanıyla kaplanmıştır ($U_{duvar} = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$). Yaşama ve uyuma alanları arasına yerleştirilmiş alçıpan bölme duvarlar, uygulanan ses yalıtım malzemesi sayesinde iki oluşturan eski ve yeni bölüm arasında ses yalıtımını sağlamaktadır. Dış yalıtım katmanı ısıtılan alanı ve binanın tüm ısıtılan hacminin bir bölümünü çevreleyen betonarme taşıyıcı duvarları kaplar; buna karşın evi saran tuğla sütunlar yalıtım katmanının dışında kalır. Böylece ısı köprülerinin oluşumu engellenir. Taş yünü levhalar ($\lambda = 0.037 \text{ W/mK}$; $\rho = 150 \text{ Kg/m}^3$) döşeme ve tavan ($U_{zemin \text{ döşemesi}} = 0.19 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{tavan} = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$) için de kullanılır. Zemin döşemesi, bir bölüm için zemin altı havalandırma sağlayan geri dönüştürülmüş plastik tek kullanımlık kalıp içeren beton dökümden oluşur; kalan bölümde döküm çakıl katmanı üzerine uygulanır. Taş dolgu duvar ile zemin döşemesi arasındaki ısı köprü, mükemmel bir rutubet koruması da sağlayan orta seviye 8-cm köpük cam yalıtım katmanıyla ortadan kaldırılır.

Pencereler ısı yalıtımlı alüminyum çerçeve ve Argon içeren üçlü ısı kontrol (low-e) camından (ortalama $U_{cam} = 0.96 \text{ W/m}^2\text{K}$) oluşmaktadır, ısı köprüleri dış yalıtım katmanı ve pencerelerin ahşap alt çerçevesi arasındaki ankraj ve fugalar üzerine dikkatli bir çalışmayla ortadan kaldırılabilir.



Şekil 2. CorTau Evi planı

Binada ısı geri kazanımlı ve nem alıcı mekanik havalandırma sistemi, döşemeden ısıtma ve soğutma sistemi ile banyolarda elektrikli radyatörler kullanılmıştır. Isıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu, sudan suya ısı pompası ile sağlanmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, CorTau Evi'nde enerji kaynağı olarak sadece elektrik kullanılmaktadır. nSEB tanımına göre bu tür binaların en ayırtedici özelliği, binaların fosil yakıtlardan bağımsız hale getirilebilme olasılığıdır. Binanın hacim ısıtması ve soğutması, havalandırma, aydınlatma, diğer elektrikli aletler, pişirme (mutfakta elektrikli ocak ve fırın bulunmaktadır) için tüm elektrik ihtiyacı çatıya kurulmuş 7 kW_{peak} gücünde şebekeye bağlı fotovoltaik sistem tarafından karşılanmaktadır.

Sadece dış kabuğun ve HVAC sisteminin tasarımı değil, aynı zamanda şantiye alanındaki eğitimli iş gücünün varlığı da nSEB için temel bir faktördür. Sektörde yüksek performanslı bina inşasında tecrübeli firma, eğitimli iş gücü ve teknisyen bulmak oldukça zordur. CorTau Evi'nin inşasını yapan inşaat şirketi hem yetenekli iş gücüne hem de tasarım konusunda tecrübeye sahiptir. nSEB seviyesine ulaşmak için tasarımcılar, inşaat şirketleri, ustabaşları ve binanın tasarımına ve inşasına dahil olan tüm diğer aktörler arasında güçlü bir uyum ve iş birliği gerekmektedir.

3. OPTİMAL-MALİYET METODU

Binaların ön tasarım aşamalarında nSEB enerji konfigürasyonlarını belirlemek için optimal-maliyet metodu kullanılır. Bu çalışmada optimal-maliyet metodu, öngörülen yüksek enerji performanslı tasarımları arasında enerji ve ekonomik kriterlere göre optimum çözümün belirlenmesinde tasarımcı ve mülk sahibine fikir vermek üzere kullanılmıştır. Bu metod özellikle, enerji ve ekonomik parametrelerin CorTau Evi tasarımı ile bina dış kabuğu (yalıtım) ve HVAC sistemi gibi bazı bileşenlerin seçimine olan etkilerinin belirlenmesine imkan vermiştir.

Optimal-maliyet analizi, farklı tasarım konfigürasyonlarının enerji ve ekonomik performanslarını bir araya getirir ve binanın ekonomik ömrü boyunca en düşük maliyet sağlayan enerji performans seviyesi sunan optimal-maliyet seviyesini tanımlar. Bu çalışmada optimal-maliyet metodu, CarTau Evi tasarımı özelinde 6 aşamada geliştirilmiştir.

1. Referans enerji tasarım senaryosu seçimi,
2. Binayı mimari açıdan değişikliğe uğratmadan, binanın ısı dış kabuk yalıtımı açısından farklı çözümler öngören dört özel ısı transferi seviyesi ve HVAC ile alternatif enerji tasarım senaryolarının tanımı,
3. Farklı tasarım senaryolarının birincil ve nihai enerji tüketim değerlerinin belirlenmesi,
4. İnşaat maliyetlerinin belirlenmesi,
5. Enerji tüketiminden kaynaklı işletme maliyetinin belirlenmesi,
6. Enerji ücretlerinin artışı, hesaplama dönemindeki enerji ücretlerinde değişim, iskonto oranı ve vergiler için hassasiyet analizi.

Bina mimarı açıdan tanımlandıktan sonra, binanın dış kabuğu ve HVAC sistemi için değişik enerji tasarım konfigürasyonları enerji tüketimi ve maliyeti göz önüne alınarak belirlenmiştir. Farklı enerji performans gereksinimlerini karşılamak için çeşitli ısı yalıtım seviyeleri ile dört tane bina dış kabuk tasarım konfigürasyonu seçilmiştir. Birinci konfigürasyon (Tablo 1 ve Şekil 3'de 1 numara) E iklim kuşağı (evin bulunduğu) [3] için ulusal gereksinimleri sağlarken; ikinci konfigürasyon (2 numara) Torino şehri için belirlenen gereksinimleri karşılar [4]. Üçüncü konfigürasyon ise (3 numara) Paasivhaus sertifikası [5] için gereken minimum değerleri, son konfigürasyon ise (4 numara) Climate House A [6] gereksinimlerini karşılar.

Ayrıca, dört tasarım konfigürasyonu farklı verimlere sahip HVAC sistemleri için tanımlanmıştır. Bunlardan ikisi doğal gaz temelli ısıtma sağlamayı öngörür. Bunun nedeni tamamen elektrik enerjisi kullanılması planlanan CorTau evi için başka bir enerji kaynağı ile karşılaştırma yapmayı sağlamaktır. İlk konfigürasyon (Tablo 1 ve Şekil 3'de A) ısıtma için döşemeden ısıtma ile yoğunlaşmalı kazan (nominal verim=0.95), soğutma için ise split klimalardan oluşur. İkinci konfigürasyon (B) birinciyle aynıdır, sadece ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma ilave edilmiştir. Üçüncü (C) ve dördüncü (D) konfigürasyonlarda ortam ısıtma ve soğutması, sudan suya ısı pompası (ısıtma için nominal verim COP = 4.75; soğutma için nominal verim EER = 5.65) ile ve döşemeden yapılmaktadır. Ayrıca doğal havalandırma ile ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma kullanılmaktadır.

nSEB tanımına göre, neredeyse-sıfır enerji amacına ulaşmak için enerji ihtiyacının büyük bölümünün yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması gereklidir. Bu nedenle, kullanım sıcak suyunun %60'ının güneş kolektörlerinden sağlanması öngörülmektedir. Fotovoltaik sistem için değişik güç değerleri varsayılmış; İtalyan Yönetmeliği'ne [7] göre A konfigürasyonundaki fotovoltaik sistemin azami güç kapasitesi 2.6 kW_{peak}, B konfigürasyonunda 3.4 kW_{peak}, buna karşın C ve D konfigürasyonlarında tüm elektrik karşılamak ve üretim fazlası elde etmek amacıyla 7 kW_{peak} olarak belirlenmiştir.

Dört farklı tasarım konfigürasyonu kombine edilerek bina dış kabuğu ve HVAC sistemi için 16 enerji tasarım senaryosu oluşturulmuş, ekonomik ve enerji performansı açısından karşılaştırılmıştır.

3.1 Enerji analizi

Enerji analizinin amacı yıllık toplam enerji tüketimin ve ısıtma, soğutma, kullanım sıcak suyu, aydınlatma, cihazlar, havalandırma enerji tüketimleri gibi tüketim kalemlerinin ve fotovoltaik enerji üretiminin belirlenmesidir. Tüketimden arta kalan enerji şebekeye verilecektir. Birincil enerji tüketim

değerleri İtalya için belirlenen birincil enerji faktörleri (doğal gaz için 1.09, elektrik için 2.17) kullanılarak hesaplanmıştır. Dinamik enerji simülasyonu programı EnergyPlus (8.1 versiyonu) kullanılarak detaylandırılmış saatlik bir enerji simülasyonu yapılmıştır [8].

Her bir tasarım konfigürasyonu için hesaplanan toplam birincil enerji tüketimi değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo'dan görüleceği gibi nSEB (5 kWh/m²y'dan daha az birincil enerji tüketimi ile) amacına ulaşmak için güçlü dış kabuk yalıtımı seçmenin ve mekanik havalandırma ile birlikte döşemeden ısıtma ve soğutma ile sudan suya ısı pompasında oluşan HVAC sistemi kullanımı gereklidir. nSEB koşullarını sağlamak için enerji ihtiyacının büyük kısmının yenilenebilir enerji kaynakları (C ve D sistemleri) tarafından karşılanması tamamen elektrik kullanan konfigürasyonlar için kaçınılmazdır.

Tablo 1. Birincil enerji tüketimi (kWh/m²y) ve mümkün nSEB konfigürasyonları (gri hücreler).

Senaryo	1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	3D	4A	4B	4C	4D
Birincil Enerji tüketimi (kWh/m ² y)	114	87	41	32	79	56	12	6	72	49	7	0.03	65	46	3	- 5

3.2 Ekonomik analiz

Avrupa Standardı EN 15459:2007'ye [9] göre; her enerji tasarım senaryosu için çeşitli tasarım konfigürasyonlarının ekonomik analizi, genel maliyet metoduna göre oluşturulmuştur ve Eşitlik 1 ile ifade edilir.

$$C_G(\tau) = C_i + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) * R_d(i)) - V_{f,\tau}(j) \right] \quad (1)$$

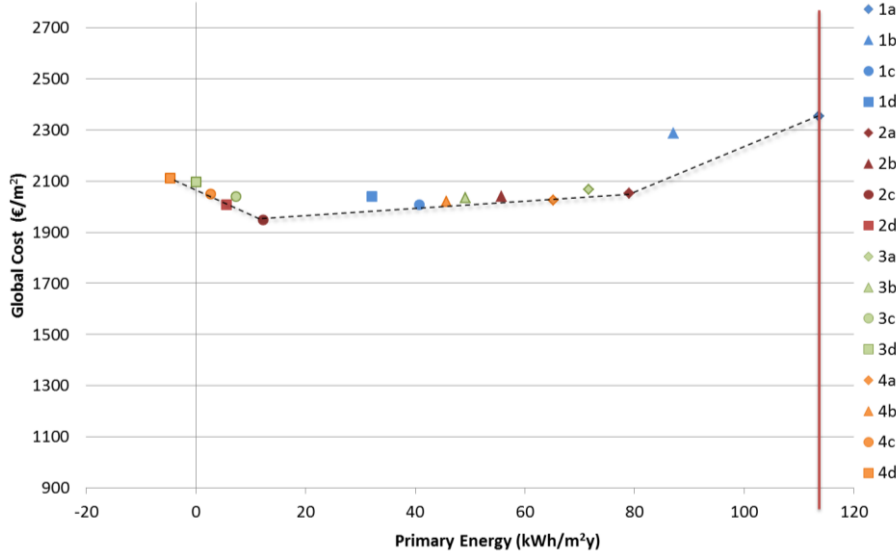
Eşitlik 1'de $C_G(\tau)$ başlangıç yılı τ_0 için genel maliyeti, C_i ilk yatırım maliyetini, $C_{a,i}(j)$ j bileşeninin i yılındaki maliyeti (işletme ve periyodik veya yenileme masraflarını içeren), $R_d(i)$ i yılı için iskonto oranını, $V_{f,\tau}(j)$ j bileşeninin hesaplanan dönemin sonundaki nihai değerini (τ_0 başlangıç yılı olduğu göz önüne alınarak) temsil eder. Yıllık maliyet, ısıtma, soğutma, havalandırma, kullanım sıcak suyu, aydınlatma, elektrikli cihazlar ve yardımcı ısıtma sistemlerini içerir. Enerji üretiminden gelen (örneğin fotovoltaik sistemler) girdi bu maliyetten çıkarılmıştır. Enerji fiyatları İtalyan Elektrik ve Gaz Kurumu (AEEG) [10] tarafından belirlenen güncel verilere dayanmaktadır. Yıllık maliyet, işletme maliyetlerini, bakım maliyetlerini ve periyodik yenileme maliyetlerini de kapsar. Her bir bina bileşeni için EN 15459'un Ek A'sında verilen değerler göz önüne alınarak olası yenileme masraflarını ve bu bileşenlerin nihai mali değerleri bulmak için özel bir kullanım ömrü tanımlanmıştır. EPBD Yönetmeliği maliyet bilgisinin yer ve zaman açısından yatırım, işletim ve enerji maliyetleri için piyasa tabanlı olması ve uyumlu olması gerektiğini söylemektedir.

CorTau Evi'nin ekonomik analizi için kullanılacak ömrü, iskonto oranı %3'te sabitlenerek 30 yıl olarak belirlenmiştir. Bu kabul Avrupa Yönergesi 2010/31/EU [11] tarafından şart koşulan gereksinimlere göre yapılmıştır. Sonuçların kararlılığı optimal-maliyet seviyesi açısından elde edilen sonuçların doğrulandığı bazı hassasiyet analizleri ile test edilmiştir. Avrupa Komisyonu Yönergelerine göre [12], genel maliyet hesabından elde edilen sonuçların kararlılığının test edilebilmesi için üye ülkelerin en az üç farklı tip hassasiyet analizi yapmaları gerekmektedir. Hassasiyet analizinde başlangıç verilerinin değiştiğinde çıktının stabil olup olmadığının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu tip analizler verilerin kabul olduğu ve analizin sonucuna önemli derecede etki edebileceği için ilk yatırım maliyeti, enerji fiyatları ve beklenen artışları, iskonto oranları gibi hesaplama parametrelerini göz önüne alır.

3.3 Optimal Maliyet Düzeyi

CorTau evi için, birincil enerji kullanımı ve bunun oluşturduğu farklı tasarım konfigürasyonlarıyla desteklenen genel maliyet hesaplamalarına dayanarak, optimal-maliyet grafiği Şekil 3'de verilmiştir.

Grafikte, farklı çözümlerin oluşturduğu birincil enerji kullanımı (x eksen: kWh birincil enerji/m² şartlandırılmış zemin alanı ve yıl) genel maliyete göre çizilir (y eksen: €/m² şartlandırılmış zemin alanı). Grafik üzerindeki her nokta, enerji ve ekonomik performans açısından farklı bir tasarım senaryosunu temsil eder. Bu noktalardan geçen ve maliyet eğrisi olarak adlandırılan ve grafikte kesikli noktalarla gösterilen eğrinin minimum noktası optimal maliyet düzeyini verir.



Şekil 3. Optimal maliyet grafiği ve nSEB konfigürasyonları.

2C enerji senaryosuyla işaretlenen optimal-maliyet tasarım senaryosu (Isı yalıtım düzeyinde Torino şehri düzenlemesi, sudan-suya ısı pompası, döşemeden ısıtma ve soğutma, doğal havalandırma, birincil enerji tüketimi = 12 kWh/m²y) ile aynı anda hem nSEB hedefi hem de optimal maliyet sağlanmıştır. 2D, 3C, 3D, 4C, 4D gibi senaryoların enerji tüketiminin 2C'den düşük olduğunu fakat benzer genel maliyetlere sahip olduğunu belirtmek yararlı olur. Bütün bu senaryolar, ısıtma ve soğutma için döşemeden ısıtmalı zemin ile doğal havalandırma ve mekanik havalandırma ile birleştirilmiş sudan suya ısı pompasına sahiptir. Tüm enerji ihtiyacı fotovoltaik pillerden sağlamaktadır. Optimal maliyet düzeyini gösteren 2C ile en yüksek genel maliyete sahip nSEB konfigürasyonu 4D arasındaki genel maliyet farklılıkları çok yüksek değildir ve 165€/m² kadardır. Tasarım ekibi ve ev sahipleri ise genel maliyeti en düşük olan 2C'dense maliyeti 60 €/m² fazla olan 2D konfigürasyonunu tercih etmişlerdir (Isı yalıtım düzeyinde Torino şehri düzenlemesi, sudan-suya ısı pompası, döşemeden ısıtma ve soğutma, mekanik havalandırma, 7 kWpik güce sahip fotovoltaik sistem).

Daha önce de belirtildiği gibi, sonuçların kararlılığını test etmek için hassasiyet analizleri uygulanmıştır. CorTau evi tasarımında aşağıdaki 4 tip hassasiyet ele alınarak analiz geliştirilmiştir.

1. Enerji fiyatlarında % 2.8'lik artış,
2. Hesaplama periyotlarındaki düşüş (20 ve 10 yıllık),
3. İndirim oranlarındaki değişim (%5, %1 ve %0.5),
4. %65 ve %36 oranlarında vergi kredilendirmesi

Hassasiyet analizleri sonucu, düşük birincil enerji tüketimine sahip senaryoların enerji fiyatlarının %2.8 artmasına olan hassasiyetinin düşük olduğu görülmüştür. nSEB çözümlerinin genel maliyetleri 50 €/m² civarındayken, düşük enerji performanslarını hedefleyen tasarım çalışmalarının genel maliyetleri 300 €/m²'ye kadar çıkmaktadır. Bu da nihai tasarım seçiminde neden birincil enerji tüketimi 20 kWh/m² 'den az olan nSEB çözümlerinin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.



Binalarda enerji tüketimini azaltma amaçlı yenileme çalışmaları için İtalya' da vergi indirimleri gibi finansal teşvikler uygulanmaktadır. Bu teşvikler, nSEB hedefi ve optimal maliyetlere ulaşma yolunda ümit vermektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, mimari konfigürasyon ve bu konfigürasyonların değişimini etkileyen, maliyet kontrolü ve yüksek enerji verimliliği hedefinin bir arada tutulduğu bir nSEB tasarımı ve inşası gösterilmektedir. Kuzey İtalya'da tek hanelik bir konut mimari tasarım, enerji performansı ve maliyet bakımından incelenmiştir. Hem ısıtma hemde soğutma gerekliliği, yapı tasarımı bakımından uygun teknik çözümlerin tanımlanmasında belirleyici olmuştur.

Ek olarak; optimal-maliyet metodu, nSEB tasarımında optimal maliyeti belirlemek üzere kullanılmıştır. Uygulanan prosedür göstermiştir ki; nihai çözüm, mimari yaklaşımı çerçeve olarak belirleyip ele alan, enerji ve ekonomik açıdan da her ikisi arasında dengeyi tutturan çözümlerdir.

REFERANSLAR

- [1] CORGNATI, S.P., GUALA, C., Luciano, M. "The challenge of designing and building nZEBs: a single-family house in Italy", REHVA Journal 2014;6:38-42.
- [2] BARTHELMES, V.M., BECCHIO, C., BOTTERO, M.C., CORGNATI S.P. "The Influence of Energy Targets and Economic Concerns in Design Strategies for a Residential Nearly-Zero Energy Building", Buildings, Special Issue "Low Carbon Building Design" 2014;4:937-962.
- [3] Ministero dello Sviluppo Economico. Decreto 26 gennaio 2010. "Aggiornamento del decreto 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici"; Ministero dello Sviluppo Economico: Gazzetta Ufficiale, Italia, 2010 (In Italian).
- [4] Agenzia Energia e Ambiente di Torino. "Allegato Energetico-Ambientale al Regolamento Edilizio della Città di Torino. Allegato alla Deliberazione n. 2010-08963/38", Agenzia Energia e Ambiente di Torino: Regione Piemonte, Italia, 2009 (In Italian).
- [5] Passivhaus Institut Web Site. Available online: <http://www.passiv.de> (accessed on 1st February 2014).
- [6] Agenzia CasaClima Web Site. Available online: <http://www.agenziacasaclima.it> (accessed on 1st February 2014).
- [7] Governo italiano. "Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311 Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia". Italia: Gazzetta Ufficiale; 2007.
- [8] U.S. Department of Energy (DOE) Web Site. Available online: <http://energy.gov/eere/buildings/residential-buildings-integration> (accessed on 1 February 2014).
- [9] Standard EN ISO 15459:2007. "Energy Performance of Buildings. Economic Evaluation Procedure for Energy Systems in Building". European Committee for Standardization (CEN): Brussels, Belgium, 2007.
- [10] AEEG. Autorità per l'energia elettrica, il gas e il sistema idrico Web Site. Available online: <http://www.autorita.energia.it/it/index.htm>.
- [11] European Parliament. "Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)". Belgium: Official Journal of the European Union; 2010.
- [12] European Commission. "Guidelines Accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012". Belgium: Official Journal of the European Union; 2012.



ÖZGEÇMİŞ

Stefano Paolo CORGNATI

Stefano Paolo Corgnati "Enerji Teknolojisi" alanında doktora sahibi bir makina mühendisidir. Torino Politeknik Enerji Bölümünde Doçent olarak görev yapmakta, "Yapı Fiziği" ve "Bina Enerji Tasarımı" konularında dersler vermektedir. REHVA Asbaşkanıdır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nda; "Binalardaki toplam enerji kullanımı ile ilişkili ECBCS-Annex 53" yürütücülüğü yapmış, "Düşük Sıcaklık Isıtma ve Yüksek Sıcaklık Soğutma" ile ilgili EBC Annex 59'da ise yardımcı yürütücü olarak görev yapmaktadır.

Verena Marie BARTHELMES

Verena Marie Barthelmes, Mimarlık yüksek lisansına sahiptir. Torino Politeknik Enerji Bölümü'nde binalarda enerji kullanımı kullanıcı davranışları konusunda lisansüstü bursu ile çalışmasını sürdürmektedir. Yüksek lisans tezi; optimal maliyetli nSEB'lerin enerji tasarımı üzerinedir.

Cristina BECCHIO

Cristina Becchio "Yapısal Çevre için Teknolojik İnovasyon" alanında doktora sahibi bir mimardır. Torino Politeknik Enerji Bölümü'nde araştırmacıdır ve Mimarlık Fakültesi'nde "Yapı Fiziği" ve "Yapı Tasarımında Enerji Verimliliği" derslerini vermektedir. Çalışmaları, dinamik simülasyonların kullanımı ile yapılarda enerji performansının geliştirilmesi ve optimal-maliyet metodu kullanılarak ekonomik geliştirmeler üzerine yoğunlaşmaktadır. IBPSA-Italy (Uluslararası Yapı Performansı Simülasyon Topluluğu) üyesidir.

Cecilia GUALA

Cecilia Guala Torino Politeknik Enerji Bölümü'nde lisansüstü bursu ile çalışmakta olan bir mimardır. Araştırmaları, yapıların enerji tüketimlerini azaltmayı hedefleyen yenileme çalışmalarıyla, ekonomik ve enerji noktalarında sağlanacak gelişmeler üzerinedir. Yüksek lisans tezi, konutların enerji tüketimleri açısından iyileştirilmesi için optimal maliyet uygulamaları ile enerji yenileme metodunun uygulanması üzerinedir.



TOWARDS NEARLY ZERO ENERGY BUILDING: CHALLENGE OF MEDITERRANEAN REGION

Stefano Paolo CORGNATI
Verena Marie BARTHELMES
Cristina BECCHIO
Cecilia GUALA

ABSTRACT

The challenge of planning and building high performing buildings, towards nearly zero-energy buildings, is of increasing interest in South Europe and in Mediterranean countries. This challenge was taken up and carried forward by North Europe and Scandinavian countries, who developed specific design methodologies and approaches referred to cold climates. These experiences are surely interesting and should be critically analyzed; however, the specifics of Mediterranean climates require a detailed revisitation of the approaches aimed at reducing energy consumptions of buildings in which winter heating loads and summer cooling loads have to be balanced. In this paper a general introduction about the complexity of building design in Mediterranean climates is proposed and an example of a real nZEB in Italy is presented.

Key Words: Mediterranean climate, Heating and cooling loads, nZEB.

1. INTRODUCTION

The issue of building energy performance in Southern Europe and in Mediterranean climates is taking on increasing prominence in recent times. The first considerations and actions about low energy buildings raised up in North Europe and in Scandinavian countries have highlighted, on the one hand, the need to critically analyze the design experiences of these contexts and, on the other hand, the interest in finding, with respect to the construction traditions, solutions aiming at achieving the correct balance between winter heating and summer cooling loads.

In fact, it is well known that in the European framework the issue of low consumption building was initially addressed in the Northern countries, where the control of thermal loads in heating periods is fundamental and where the external climate conditions make free cooling with external air possible.

On the contrary, in Southern Europe and in Mediterranean countries the great design challenge is to minimize the energy consumption for both heating and cooling, respectively in winter and in summer. Depending on climate areas and conditions, these loads can be comparable, as in the case of Northern Italy regions, or cooling needs in summer prevail as in most of Mediterranean areas. Consequently, the scenarios to be faced are extremely different, based on climate conditions; in the countries of South Europe, the climate conditions may significantly differ in terms of winter and summer design temperatures and in terms of relative humidity in winter and in summer. In fact, many countries included within the Mediterranean climate area are characterized by a variety of climates, unknown in North Europe, as for example, the alternation of cold and dry winters and hot and wet summers.

A further relevant aspect to consider is the reinterpretation of climatic control measures traditionally adopted in these countries and carelessly used in recent times, such as the use of the storage mass of buildings, the optimization of natural ventilation airflows, the use of appropriate fixed and mobile sun screens and the integration of trees and hedges as elements of climate mitigation.

The designers face indeed with a multitude of opportunities, which have to be taken up by mixing traditional constructive measures and approaches and new technologies available on the market. An increasing awareness of the need of specifics in designing zero-energy buildings in Mediterranean climates and the ability in reinterpreting the existing design experiences have, indeed, to be consolidated; different climatic conditions require *ad hoc* design, specific for each building.

2. AN nZEB DESIGN EXPERIENCE IN MEDITERRANEAN CLIMATES

The so-called CorTau House (Figure 1) represents a significant experience of nZEB design and construction in Mediterranean climate. This single-family house, located in Piedmont Region, Northern Italy, combines bioclimatic architectural principles for cutting down building energy needs with the use of high-performing systems technologies in order to achieve the nearly-zero energy targets [1][2].

In the analyzed Mediterranean climate (Italian Climate Zone E, 2549 Degree Days), the nZEB design challenge can be summarized in a careful building planning that permits to obtain indoor comfort conditions both in winter and summer with very low energy consumptions. The adopted strategies consist of an appropriate orientation of building and rooms, a compact and optimized building volume, a strongly insulated building envelope with low infiltration airflow, a thermal insulation layer placed on the external surface of the walls, in order to reduce thermal bridges and to increase the thermal inertia of the house, a mechanical ventilation system equipped with high efficiency heat recovery exchanger to guarantee good indoor air quality.



Figure 1. The so-called CorTau House.

Building construction started in March 2014 and is still in progress. The single-family house, adapted to a preexisting structure, is all-electric and supplies its energy demand through self-generation of electricity from a solar photovoltaic system. This ensures the building energy independence from fossil energy sources. The zero-energy and all-electric goals, together with restriction costs, guided design choices in terms of architectural appearance and energy planning since the preliminary phases.

The house (net floor area = 130 m²; net conditioned volume = 390 m³) is realized by refurbishing a traditional rural building, the so-called “*curmà*”, widely diffuse in Piedmont Region and, for this reason, represents a good example for implementation and replicability of a high-performing building model at regional and national levels. The traditional rural framework surely influenced the architectural project, whose aim is to preserve and to enhance the distinctive features of the existing rural building. The new

single-storey volume is inserted under the preexisting roof, whose wooden structure and tiles covering were maintained, so as the brick columns. An ancient intuitive know-how consisting in bioclimatic architecture principles guided the architectural design team in the new building planning. Indeed, as the preexisting rural building presented a fully-open southern façade and a blind northern façade, the new volume is characterized by a mostly glazing southern façade while the northern one presents little windows. On the southern side windows are equipped with exterior horizontal overhangs carefully designed in order to maximize useful solar gains in winter and to avoid overheating in summer; the arrangement of some trees and hedges was accurately studied with the dual function of acoustic protection and solar control. Rooms are located to maximize indoor comfort during use; the living room, the master bedroom and the big terrace facing South, while a single bedroom, the study and the bathrooms facing North (Figure 2).

The house structure is characterized by reinforced concrete cast on-site bearing-walls oriented in North-South direction, which have the dual function of acting as structural elements and including building systems in dedicated cavities. The whole vertical envelope, constituted by both reinforced concrete bearing-walls and infill masonry walls, is covered with a 16-cm exterior insulation layer made of rock-wool panels ($U_{\text{wall}} = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$). Plasterboard partition walls placed between living and sleeping areas provide the acoustic insulation among these two house macro-areas thanks to inserted acoustic insulating material. The external insulation layer covers the reinforced concrete bearing walls which enclose the heated spaces and are part of the gross heated volume of the building; on the contrary the brick columns placed along the perimeter of the house are outside the insulating layer. This clear separation between heated and unheated structures allows the elimination of thermal bridges. Rock-wool insulation is adopted also for the slabs ($U_{\text{floor slab}} = 0.19 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{\text{ceiling}} = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$), having the wisdom to choose high-density compression resistant panels ($\lambda = 0.037 \text{ W/mK}$; $\rho = 150 \text{ Kg/m}^3$). The floor slab consists of a concrete casting which incorporates disposable formworks in recycled plastic realizing a ventilated under-floor cavity for one portion; in the remaining part the casting is realized on a gravel layer. The thermal bridge between external infill masonry walls and floor slab is eliminated with an intermediate 8-cm cellular-glass insulation layer, which also provides excellent barrier to rising damp.

Windows are characterized by aluminum frame with thermal break and low-e triple-pane glass with argon (average $U_{\text{window}} = 0.96 \text{ W/m}^2\text{K}$); thermal bridges are eliminated through a careful study of anchoring and joints between the external insulation layer and window wooden sub-frames.

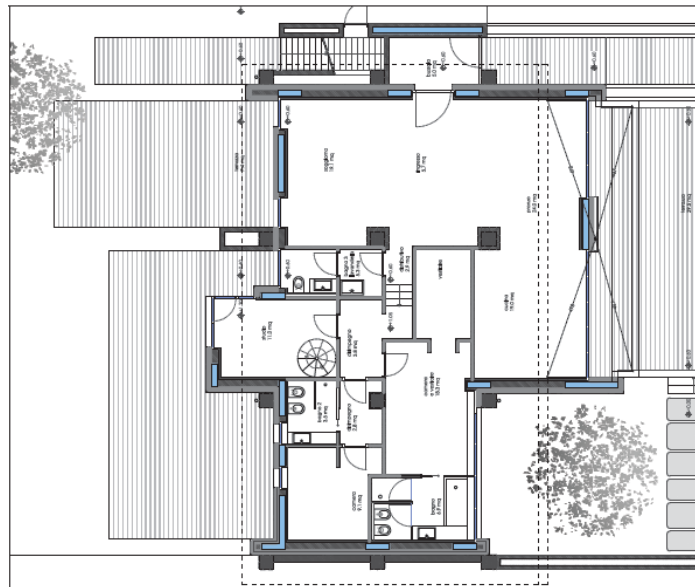


Figure 2. The so-called CorTau House, floor plan

With regard to the building primary system, a controlled mechanical ventilation (CMV) system with heat recovery and dehumidifier is combined with radiant floors for space heating and cooling in all areas with the addition of electric radiators in the bathrooms. Space heating and cooling is provided

by a water-to-water heat pump that supplies also domestic hot water (DHW) production. As previously explained, the CorTau House represents a model of all electric building; according to nZEB definitions a distinctive element of the building is thus the possibility to ensure the energy independence from fossil energy sources. All electricity needs of the building for space heating and cooling, ventilation, lighting, equipment, cooking (the kitchen is equipped with electric stove and oven) is covered by a 7 kW_{peak} grid-connected PV system installed on the roof.

Moreover, not only a careful design of envelope and HVAC systems but also the presence of trained manpower on construction site is fundamental in reaching nZEB targets. Indeed, it still proves difficult to find on the market manpower and technicians trained in the construction of high performing buildings. The construction company involved in the CorTau House realization provides not only for skilled manpower but also for suggestions and planning support to the designers. In order to achieve the nZEB quality there is a strong necessity of collaboration and cooperation between designers, construction companies, foreman and all the actors involved in the building design and construction.

3. COST-OPTIMAL METHODOLOGY

Cost-optimal methodology was followed in the preliminary design phase in order to identify nZEB energy configurations that represent at the same time cost-optimal solutions. Specifically, the methodology was exploited as decision-making tool equipped to guide design team and owners' choices by determining which high-performing design scenario represents the optimum in terms of energy and economic criteria. In particular, this method allowed defining how energy and economic aspects could influence the design of CorTau House and the choice of specific performance features of some components, such as building envelope elements (e.g. insulation) and HVAC systems.

Cost-optimal analysis bands together energy and economic performances of different design configurations and identifies the so-called cost-optimal level that represents the energy performance level which leads to the lowest cost during the economic building lifecycle. Indeed, cost-optimal methodology, as developed for the specific case of CorTau House's design, consists of the following six steps:

7. Selection of the reference energy design scenario;
8. Definition of some alternative energy design scenarios that provide for different solutions in terms of building envelope thermal insulation for four specific heat transfer levels and HVAC systems without changing the architectural appearance of building;
9. Evaluation of the final and primary energy uses of the different design scenarios;
10. Economic evaluation of the hard costs due to construction;
11. Economic evaluation of the operational costs due to energy consumption;
12. Sensitivity analyses for the escalation of energy prices, variation of the calculation period and discount rate and the introduction of tax credits.

Once defined the architectural appearance of the building, different energy design configurations for both building envelope and HVAC system were hypothesized and assessed in terms of energy consumptions and costs. In detail, four building envelope design configurations with various thermal insulation levels were chosen to fulfil different energy performance requirements. The first level (number 1 in Table 1 and Figure 3) refers to the national requirements for climate zone E (where the house is located) [3]; the second one (number 2) refers to the Turin's city regulation [4] optional value; the third one (number 3) refers to minimum values required to obtain Passivhaus certification [5]; the last level (number 4) refers to the Climate House A requirements [6].

Furthermore, four design configurations for the HVAC system characterized by different efficiency were defined. Two of them provide for supplying heating use with natural gas originating a not all-electric building; however they were considered in the analysis for further information and in order to give vision completeness to owners and design team in making decisions. The first configuration (A in

Table 1 and Figure 3) consists in a condensing boiler (nominal efficiency = 0.95) with radiant floor for space heating and a multi-split air conditioner for space cooling. The second configuration (B) is equal to the first one with CMV with heat recovery in addition. The third (C) and the fourth (D) configurations are constituted by a water-to-water heat pump (nominal efficiency for heating COP = 4.75; nominal efficiency for cooling EER = 5.65) with radiant floors for space heating and cooling associated respectively with natural ventilation and CMV with heat recovery.

According to the nZEB definition, it is necessary to largely supply energy by renewable sources in order to reach nearly-zero energy targets. Therefore solar collectors covering 60% of domestic hot water (DHW) production were taken in account. Different power values for photovoltaic (PV) system were hypothesized; according with Italian Directive [7], peak power of PV system in configuration A is equal to 2.6 kW_{peak}, in configuration B 3.4 kW_{peak}, while in configuration C and D peak value of 7 kW_{peak} was defined in order to cover the whole electricity consumptions and to obtain a production surplus.

By combining the four different design configurations hypothesized for the building envelope and for the HVAC systems, 16 energy design scenarios were created and compared in terms of economic and energy performances.

3.1 Energy evaluation

The aim of the energy evaluation was to determine the annual overall energy use in terms of delivered primary energy (divided by sources) which includes energy use for heating, cooling, DHW production, lighting, equipment, ventilation and PV production taking into account on-site consumption and surplus electricity going to utility grid. Primary energy values were calculated using Italian primary energy factors (e.g. 1.09 for natural gas and 2.17 for electricity). A detailed sub-hourly energy simulation was performed by means of the dynamic energy simulation software EnergyPlus (version 8.1) [8].

The results in terms of total primary energy consumptions of each design configuration (Table 1) show that in order to reach nZEB target (with a primary energy consumption lower than 5 kWh/m²y) it is necessary to choose a strongly insulated building envelope and an HVAC system consisting in a water-to-water heat pump with floor radiant floors for space heating and cooling, eventually coupled with CMV. It is noteworthy that it is indispensable in all-electric configuration to cover a large energy supply by renewable sources (systems C and D) in order to reach nZEB performance.

Table 1. Primary energy consumptions (kWh/m²y) and possible nZEB configurations (grey cells).

Scenario	1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	3D	4A	4B	4C	4D
Primary Energy (kWh/m ² y)	114	87	41	32	79	56	12	6	72	49	7	0.03	65	46	3	- 5

3.2 Economic valuation

According to European Standard EN 15459:2007 [9]; the economic valuation of the several design configurations was performed by following the global cost methodology for each energy design scenario; the methodology consists in estimating the net present value (global cost) of all the costs incurring in a defined calculation period, taking into account the residual values of components with longer lifetime. In detail, global cost is determined by summing up the global costs of initial investment costs, periodic and replacement costs, annual costs and energy costs and subtracting the global cost of the final value; it can be written as:

$$C_G(\tau) = C_1 + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) * R_d(i)) - V_{f,\tau}(j) \right] \quad (1)$$

where $CG(\tau)$ represents the global cost referred to starting year τ_0 , CI is the initial investment cost, $Ca,i(j)$ is the annual cost for component j at the year i (including running costs and periodic or replacement costs), $Rd(i)$ is the discount rate for year i , $Vf,\tau(j)$ is the final value of component j at the end of the calculation period (referred to the starting year τ_0). Particularly, annual costs include costs for energy carriers that cover the demand for space heating and cooling, ventilation, domestic hot water, lighting and appliances, including auxiliary energy. Incomes from produced energy (e.g. photovoltaic systems) are subtracted from these costs. The energy prices refer to the current values defined by the Italian Authority for Electricity and Gas (AEEG) [10]. The annual costs also include operational costs, maintenance costs and costs for periodic replacement. To ensure a lifecycle perspective, final values are considered for building or HVAC system components that have a shorter lifetime than the chosen calculation period. For every single building component is defined a specific lifespan which refers to values given by Appendix A of EN 15459 in order to estimate contingent replacement costs and final values. EPBD Guidelines states that cost data must be market-based and coherent as regards location and time for investment costs, running costs and energy costs.

For the economic valuation of CorTau House, the duration of the calculation period was set to 30 years while the discount rate was fixed at 3%. These considered assumptions refer to the requirements provided by the European Directive 2010/31/EU [11]. Results stability was tested through some sensitivity analyses that confirmed the outcome obtained in terms of cost-optimal level. As a matter of fact, the European Guidelines [12] outline that Member States should at least perform three different kinds of sensitivity analyses in order to test the stability of the results obtained by the global cost calculation. Sensitivity analysis concerns a “what if” kind of questions aimed at assessing if the final answer is stable when the inputs changes. These kinds of analysis regard calculation parameters like investment costs, energy prices and their expected increase as well as eventual variation of discount rates since these values are based on assumptions and might influence significantly the final results of the analysis.

3.3 Cost-optimal level

Based on the calculations of primary energy use and global costs associated with the different design configurations assessed for CorTau House, a cost-optimal graph can be drawn; in the graph primary energy use of the different solutions (x-axis: kWh primary energy/(m² conditioned floor area and year)) is plotted versus global costs (y-axis: €/m² conditioned floor area) (Fig. 3). Each point on the graph represents a different design scenario in terms of energy and economic performance. The positions of the different scenarios allowed drawing the trend of the dotted broken line which represents the so-called cost-curve, the minimum of which represents the cost-optimal level.

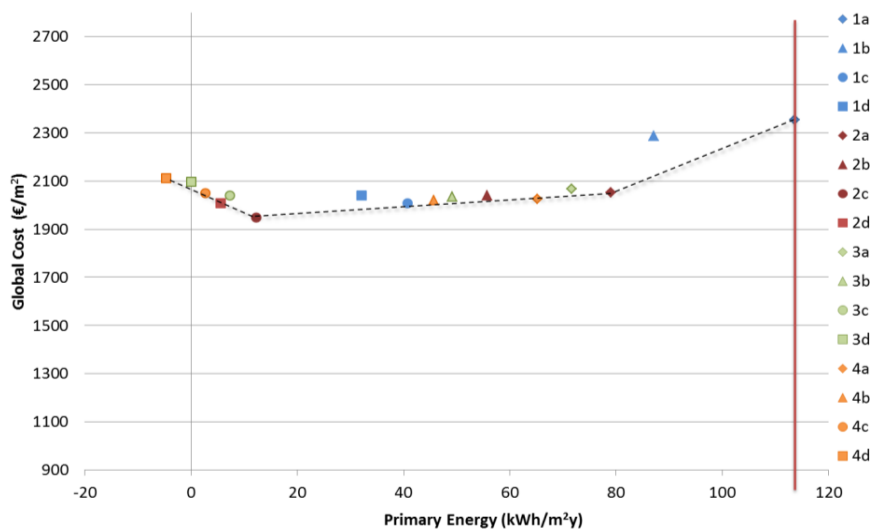


Figure 3. Cost optimal graph and nZEB configurations.

The cost-optimal level is clearly marked by the energy design scenario 2C (Turin city regulation thermal insulation level, water-to-water heat pump, radiant floors for space heating and cooling, natural ventilation; primary energy consumption = 12 kWh/m²y) that hits simultaneously nZEB targets and cost optimality. It is useful to outline that there are other several scenarios characterized by energy consumptions lower than scenario 2C but with similar global cost: 2D, 3C, 3D, 4C, 4D. All these scenarios are characterized by a strongly insulated envelope and by a water-to-water heat pump with radiant floors for space heating and cooling, eventually coupled with CMV; all of them have installed PV system with the uppermost pick power underlining that renewable sources contribution is fundamental for reaching nZEB target in terms of both energy and economic effectiveness. Global cost difference between scenario 2C, that represents cost-optimal level, and 4D, that is the nZEB configuration with the highest global cost value, is not so high and is equal to 165€/m². Indeed, design team and owners chose the configuration 2D (Turin city regulation thermal insulation level, water-to-water heat pump, radiant panels for space heating and cooling, CMV, PV with 7 kW_{peak}) that provides lower energy consumptions thanks to CMV system (whose dehumidification function is essential with radiant floor during summer) than scenario 2C with a little increase of 60 €/m² in global cost.

As already mentioned, different kinds of sensitivity analyses have been carried out in order to test the stability of the results. In particular, for CorTau House design, the following four types of sensitivity analyses were developed:

5. Escalation of energy prices with an annual percentage rate of 2.8%;
6. Reduction of the calculation period (20 and 10 years);
7. Variation of the discount rate (5%, 1% and 0.5%);
8. Introduction of tax credits, referring to the investment cost, with a percentage rate of 65% and 36%.

Remarkable for nZEB design was the analysis regarding the escalation of energy prices with an annual percentage of 2.8% since the scenarios with low primary energy consumption are less sensible to the variation of this parameter. Global cost of nZEB solutions varies only about 50 €/m² while design scenarios with lower energy performance vary their global cost up to 300 €/m². This is why the final design choice should consider the scenarios that consume less than 20 kWh/m²-year of primary energy or rather nZEB solutions.

Another notable sensitivity analysis considered the Italian financial subsidies concerning buildings since in Italy energy retrofits are strongly subsidized in terms of tax deductions for interventions of building renovation and energy efficiency. In 2014 and 2015 for refurbishment works on real estate property it is possible to benefit from tax deductions. Financial subsidies reveal thus to be fundamental in order to reconcile nZEBs goals to cost optimal requirements in future.

5. CONCLUSIONS

In this paper the challenge of designing and building a nZEB, by examining how the purpose of wrapped control of costs and the high energy efficiency targets have influenced the architectural configurations and their evolution, since the first concept, is illustrated. A single-family house located in North Italy was analyzed in terms of architectural design, energy performances and costs.

Both heating and cooling requirements are driving factors to identify suitable technical solutions for the building design.

In detail, cost-optimal methodology was presented and applied in order to identify nZEB configurations that represent the cost-optimality.



The adopted procedure showed that the final solution has to be found through a balance between energy and economic aspects, always considering the conceptual framework of the architectural approach.

REFERENCES

- [13] CORGNATI, S.P., GUALA, C., Luciano, M. “The challenge of designing and building nZEBs: a single-family house in Italy”, REHVA Journal 2014;6:38-42.
- [14] BARTHELMES, V.M., BECCHIO, C., BOTTERO, M.C., CORGNATI S.P. “The Influence of Energy Targets and Economic Concerns in Design Strategies for a Residential Nearly-Zero Energy Building”, Buildings, Special Issue "Low Carbon Building Design" 2014;4:937-962.
- [15] Ministero dello Sviluppo Economico. Decreto 26 gennaio 2010. “Aggiornamento del decreto 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici”; Ministero dello Sviluppo Economico: Gazzetta Ufficiale, Italia, 2010 (In Italian).
- [16] Agenzia Energia e Ambiente di Torino. “Allegato Energetico-Ambientale al Regolamento Edilizio della Città di Torino. Allegato alla Deliberazione n. 2010-08963/38”, Agenzia Energia e Ambiente di Torino: Regione Piemonte, Italia, 2009 (In Italian).
- [17] Passivhaus Institut Web Site. Available online: <http://www.passiv.de> (accessed on 1st February 2014).
- [18] Agenzia CasaClima Web Site. Available online: <http://www.agenziacasaclima.it> (accessed on 1st February 2014).
- [19] Governo italiano. “Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311 Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia”. Italia: Gazzetta Ufficiale; 2007.
- [20] U.S. Department of Energy (DOE) Web Site. Available online: <http://energy.gov/eere/buildings/residential-buildings-integration> (accessed on 1 February 2014).
- [21] Standard EN ISO 15459:2007. “Energy Performance of Buildings. Economic Evaluation Procedure for Energy Systems in Building”. European Committee for Standardization (CEN): Brussels, Belgium, 2007.
- [22] AEEG. Autorità per l'energia elettrica, il gas e il sistema idrico Web Site. Available online: <http://www.autorita.energia.it/it/index.htm>.
- [23] European Parliament. “Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)”. Belgium: Official Journal of the European Union; 2010.
- [24] European Commission. “Guidelines Accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012”. Belgium: Official Journal of the European Union; 2012.

CURRICULUM VITAE

Stefano Paolo CORGNATI

Stefano Paolo Corgnati is a mechanical engineer and Ph.D. in Energy Technology. He is Associate Professor at the Energy Department of Politecnico di Torino where he teaches Building Physics and building energy design. He is Rehva Vice-President and Rehva Fellow. He is deeply involved in IEA activity: he was subtask leader in ECBCS-Annex 53 about “Total energy use in building” and he is co-subtask leader in EBC Annex 59 about “Low Temperature Heating and High Temperature Cooling”.

Verena Marie BARTHELMES

Verena Marie Barthelmes, MSc in Architecture, holds a postgraduate fellowship at the Energy Department of Politecnico di Torino for researching on energy use and influence of occupant behavior in buildings. Her master thesis concerned energy design of nZEBs driven by cost-optimality.

**Cristina BECCHIO**

Cristina Becchio is an architect and Ph.D. in Technological Innovation for Built Environment. She is currently a grant researcher at the Department of Energy of Politecnico di Torino, where she teaches Building Physics and Energy Efficiency Building Design at the Faculty of Architecture. Her activity is focused on energy performance evaluation of buildings using software of dynamic simulation and on economic evaluation with the application of cost optimal methodology. She is a member of IBPSA-Italy (International Building performance simulation association).

Cecilia GUALA

Cecilia Guala is an architect and holds a postgraduate fellowship at the Energy Department of Politecnico di Torino for research activities concerning economic and energy evaluations of retrofit actions aimed at reducing buildings energy consumptions. Her master thesis concerned the application of cost-optimal methodology to assess energy retrofit solutions for residential buildings.

