

SIĞ JEOTERMAL SİSTEMLERİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ VE GELENEKSEL GÜÇ SİSTEMİYLE KIYASLANMASI

Ayşe Özdoğan Dölçek^{a,b}, James M. Tinjum^b

^aBalikesir Üniversitesi, Balikesir, Türkiye,

^bUniversity of Wisconsin, Madison, USA

(aodolcek@balikesir.edu.tr)

ÖZ

Isıtma, havalandırma ve klima sektörü içerisinde toprak kaynaklı ısı pompaları (TKIP), ekonomik oluşu ve düşük karbonlu enerji sağlaması yönüyle global enerji bütçesinde dikkatleri çekmektedir. Bu çalışmada siğ olarak dikey, yatay ve alışılmadık derinlikte (300 m) dikey dizayn edilmiş TKIP'nın performansları değerlendirilmiş ve geleneksel doğal gaz kaynaklı ısıtma ve soğutma sistemiyle karşılaştırılmıştır. TKIP'da enerji verimliliği (performansı) performans katsayısını (COP) ile ifade edilir. Performans katsayısı yerden elde edilen ısı enerjisinin sistemi çalıştırmak için harcanan enerjiye oranıdır. Bu değer genellikle 3 ile 4 arasındadır, başka bir ifadeyle %300 ile %400 oranında enerji verimine denk gelmektedir ki, bu da TKIP'nın %100 enerji verim limitine dayanan geleneksel sistemlerden çok daha etkili olduğunu gösterir.

Bu çalışmada TKIP'nin sera gazı emisyonu kapsamlı bir şekilde "beşikten mezara" yaşam döngüsü analizinin uygulandığı SimaPro programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Wisconsin, ABD'de %5.5 oranında yenilenebilir elektrik şebekesi kullanan 186 m² lik bir konut için gerekli ısıtma/soğutma yükleriyle birlikte sistemin performans etki katsayısı 4 olarak kabul edildiğinde TKIP sisteminin 25 yıl boyunca 272 metrik ton CO₂'e eşdeğer oranda emisyonu hesaplanmıştır. Bu emisyonu en çok neden olan aşamalar sırasıyla; yeraltındaki ısı dönüştürücüler (eşanjörler) (%93), sondaj (2.4%) ve ısı taşıyan akışkanın pompalanması (%1.5) olarak belirlenmiştir. Bu oranlar tek fakat derin (300 m) olan TKIP'lerinin sera gazı emisyonunu dikey konumlu TKIP göre %10 ve yatay konumlu TKIP göre %19 oranında azaltmıştır. Diğer geleneksel ısıtma ve soğutma sistemiyle kıyaslandığında ise sera gazı etkisi %27 oranında daha aza indirgenmiştir. Duyarlılık analizi göstermiştir ki, TKIP fosil kaynakların kullanımını azaltmakta ve bu sayede daha temiz şebekeler ile çevreye yayılan sera gazı etkisini azaltmaktadır. TKIP'nın performans etki katsayısı arttıkça sera gazı emisyonunun %38 oranında azalması, TKIP'lerinin performans etki katsayısının, çevreye etki açısından değerlendirildiğinde, kritik bir parametre olduğu gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal toprak kaynaklı ısı pompaları, yaşam döngüsü analizi, sera gazı emisyonu, performans etki katsayısı

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF SHALLOW GEOTHERMAL SYSTEMS IN COMPARISON TO TRADITIONAL POWER SYSTEM

Ayşe Özdoğan Dölçek.^{a,b}, James M. Tinjum^b

^aBalikesir Üniversitesi, Balikesir, Türkiye,

^bUniversity of Wisconsin, Madison, USA

(aodolcek@balikesir.edu.tr)

ABSTRACT

Within the heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) sectors, ground coupled heat pumps (GCHPs) offer a potentially economical, low-carbon energy approach to lowering of the global energy budget.

This study investigates the performance of a conventional vertical GCHP configuration with three boreholes (VERT), a conventional horizontal GCHP (HORZ), an unconventionally deep (300 m) single borehole GCHP (SING) system, and a conventional split natural gas air conditioning unit (NGAC). In GCHPs and any typical refrigeration system, energy efficiency is measured by the coefficient of performance (COP). The COP is the ratio of useful energy, which is a system's output energy to its input energy use to run the system. Conventional GCHPs have a COP of 3 to 4 (i.e., an efficiency of 300% to 400%), far greater than the theoretical 100% limit for other sources of HVAC. This study compares potential for reduced greenhouse gas (GHG) emissions via the GCHP systems in Wisconsin, USA, using a comprehensive "cradle-to-grave" life-cycle analysis (LCA), which is implemented using SimaPro. Assuming the current Wisconsin electrical grid of 5.5% renewables, heating and cooling loads of a 186 m² residence, a coefficient of performance (COP) of 4 and a 25-year lifetime, an average of 272 metric ton CO₂ equivalent emissions is calculated for SING. Top contributors are heat-exchanger operation (93.3%), borehole drilling (2.4%), and circulation pump operation (1.5%). This amounts to GHG emissions savings of 10% and 19% over VERT and HORZ GCHPs, respectively, and 27% over NGAC. Sensitivity analyses determine that a grid with renewables penetration of 50% could save 68% GHG emissions over natural gas. As the use of fossil fuel decreases and the grid becomes cleaner, GCHP systems become even more beneficial from the perspective of lifetime GHG emissions. A COP of 5 could further reduce GHG emissions by 38%, indicating that the COP is a significant factor of GCHP environmental impacts.

Keywords: *Geothermal ground coupled heat pumps, life cycle assessment, green houses gas emissions, coefficient of performance*