

# **Enerji Depolamada Yeni Teknolojiler ve Kullanımları**

**Gökhan Batar**

**BND Group Teknoloji Ar-Ge Direktörü**

**İzmir-Türkiye**

**[gokhan.batar@bndgroup.com.tr](mailto:gokhan.batar@bndgroup.com.tr)**

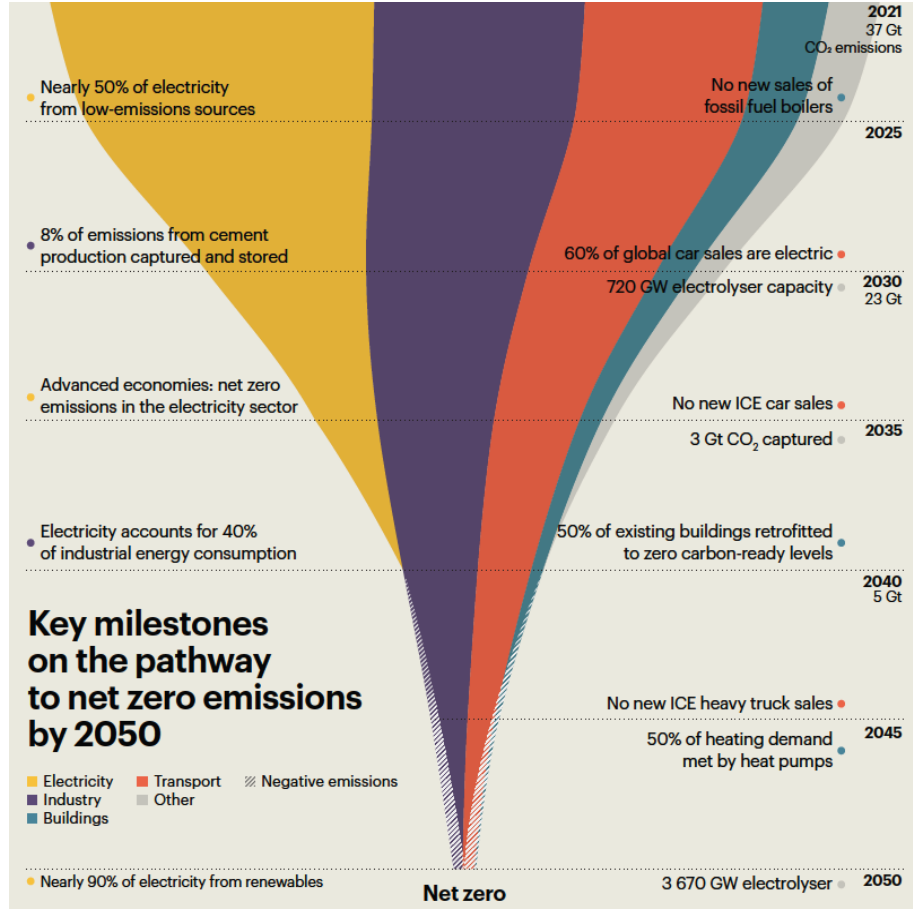
## Özet:

*Dünyada yenilenebilir enerji kullanım oranı gittikçe artmakta ve daha da artması yönünde aksiyonlar alınmaktadır. Ancak yenilenebilir enerji kaynakları doğanın davranışları gereği her zaman emre amade bir üretim sağlamamaktadır. Dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının daha yüksek seviyelere çıkarılması için enerji depolama sistemleri ile entegre olması gerekmektedir.*

*Bu amacın yanında depolama sistemleri eldeki kaynakların verimli kullanılması açısından da önem teşkil etmektedir. Örnek olarak bir trafo merkezi yüklenmesi sınır seviyelere ulaştığında bunu bir depolama sistemi ile entegre ederek en yüksek yüklenmesini aşağıya çekmek mümkündür. Bu durum neredeyse şebekenin her elemanı için mümkündür ve bu amaçlarla bir çok yeni enerji depolama sistemi tasarlanmakta ve kullanımına başlanmaktadır. Bu yazıda ise kullanılan farklı tipte enerji depolama sisteminden örnekler verilerek çalışma prensipleri anlatılmaya çalışılmıştır.*

## 1. GİRİŞ

Şebeke ölçeğinde depolama, Türkiye'nin de 2021 yılında imzaladığı Paris iklim anlaşması kapsamında 2030 yılına kadar karbon emisyonunun %50 oranında düşürülmesi ve 2050'ye Kadar Net Sıfır Emisyon Senaryosunda önemli bir rol oynamaktadır. Bu rolün kapsamı kısa vadeli enerji arzı dengeleme ve işletme rezervi oluşturmaktan, şebeke istikrarı için yan hizmetlere, yeni iletim ve dağıtım hatlarına yatırımın planlanmasına hatta uzun bir kesintinin ardından enerjilendirmenin hızlı bir şekilde sağlanmasına hem operasyonel olarak hem de şebeke yatırımları tarafında önemli bir çeşitliliğe sahiptir. Paris iklim anlaşması kapsamında hedeflenen amaçlar aşağıdaki şekilde görülmektedir.



## 2. MEVCUT DURUM

Şebeke ölçeğinde depolama alanında farklı depolama yöntemleri bulunmaktadır ancak pompaj depolamalı hidroelektrik en yaygın kullanılan depolama teknolojisidir. Bununla birlikte batarya teknolojileri en ölçeklenebilir şebeke ölçekli depolama türüdür ve bu pazar son yıllarda güçlü bir büyüme göstermiştir. Diğer depolama teknolojileri, basınçlı hava ve yerçekimi depolamayı içerir, ancak mevcut güç sistemlerinde nispeten küçük bir rol oynarlar. Ek olarak, hidrojen, yenilenebilir enerjinin mevsimsel olarak depolanması potansiyeline sahip, gelişmekte olan bir teknolojidir.

Son yıllarda önemli bir ilerleme kaydedilmesine rağmen şebeke ölçeğinde depolama kapasitesinde öngörülen büyüme şu anda Net Sıfır Senaryosu ile

aynı yolda değildir. Pompaj depolamalı hidroelektrik günümüzde hala en yaygın olarak kullanılan depolama teknolojisidir, ancak şebeke ölçekli batarya teknolojileri de son yıllarda bu alanda önemli bir atılım göstermektedir.

Pompaj depolamalı hidroelektrik, günümüzde hala en yaygın olarak kullanılan şebeke ölçekli depolama teknolojisidir. Bu alandaki toplam kurulu kapasite 2021'de 160 GW civarındaydı. Küresel kapasite ise 2020'de 8500 GWh civarındaydı ve toplam küresel elektrik depolamasının %90'ından fazlasını oluşturuyordu. Dünyanın en büyük şebeke ölçekli depolama kapasitesi Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunmakta ve bugün faaliyette olan tesislerin çoğu enerji arzında günlük dengeleme sağlamak için kullanılmaktadır.

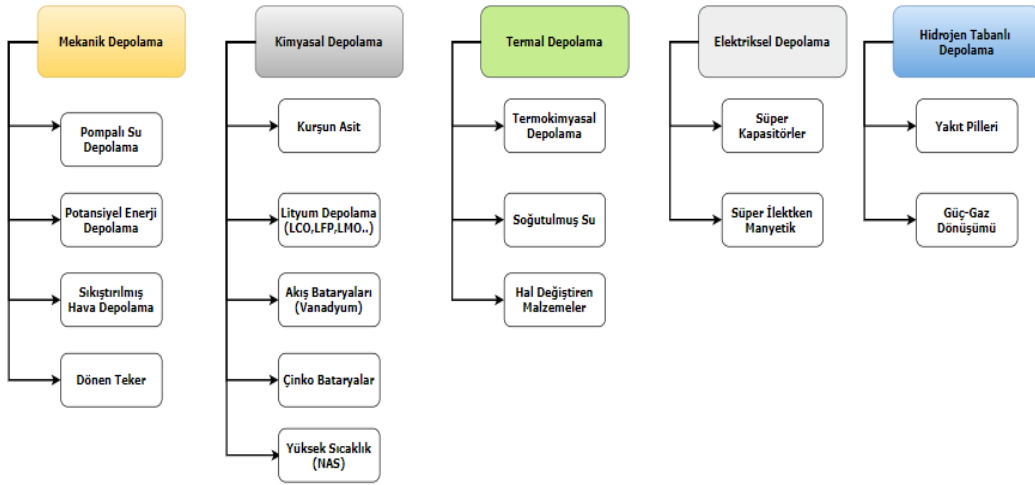
## 3. YENİ TEKNOLOJİLER

Şebeke ölçekli depolama alanında batarya ve pil teknolojilerindeki sıçrama sektörün ilerleme yönünü önemli ölçüde etkileyecektir. Şu anda, günümüzdeki pompaj depolamalı hidroelektrik kapasitesinden çok daha küçük olmasına rağmen, önümüzdeki on yıllarda şebeke ölçeğindeki batarya /pil teknolojilerinin dünya çapındaki depolama büyümesinin çoğunluğunu oluşturması beklenmektedir. Batarya teknolojileri tipik olarak saat alışı, saatlik ve günlük dengeleme için kullanılmaktadır. Dünyada her ne kadar şu anda pompaj depolamalı hidroelektrik santraller ve

lityum bataryalardaki kullanım yüksek seviyelerde ise bu alanda birçok yeni teknoloji ve yöntem geliştirilmektedir. Bu yöntemleri aşağıdaki ana başlıklar halinde toplayabiliriz;

- Mekanik Depolama
- Elektrokimyasal Depolama
- Termal Depolama
- Elektriksel Depolama
- Hidrojen Tabanlı Depolama

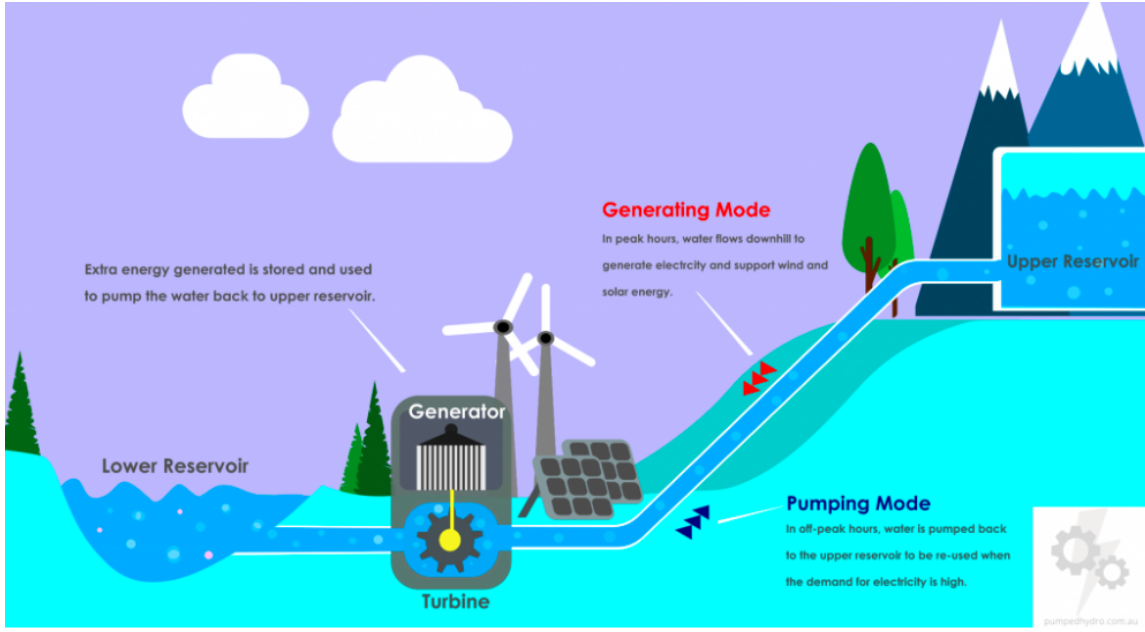
Bu yöntemleri altında farklı yöntemlerle ve malzemelerle enerji depolama sistemleri tasarlanmıştır. Bu yöntemleri aşağıdaki ağaç yapısında görmemiz mümkündür;



Listelenen depolama sistemlerindeki en çok kullanılan yöntemlerle ilgili olarak şekilli gösterimler ve çalışma prensipleri aşağıda anlatılmıştır;

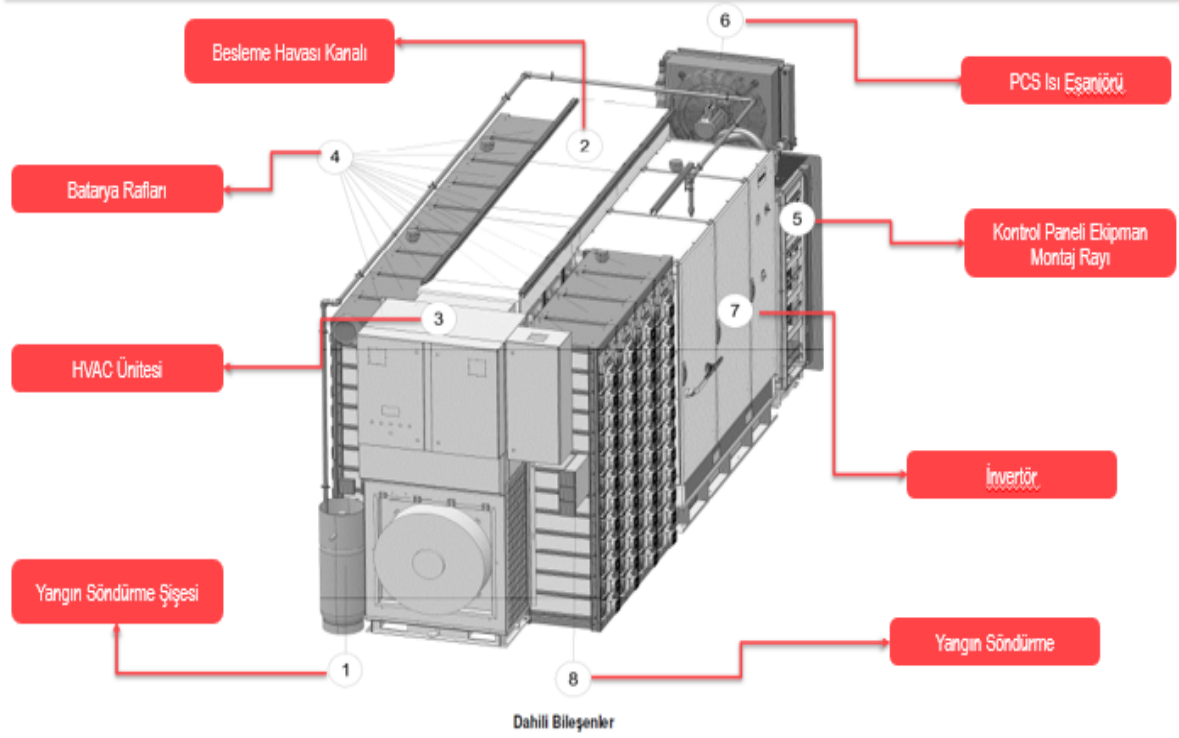
- Pompalı Su Yöntemi: Bu yöntemde yenilenebilir enerjiden üretilen fazla

enerji yüksekliği farklı olan iki rezervuar arasında bir motor yardımıyla aktarılmaktadır. Motor yukarıya su basıldığı durumda pompa modunda aşağı düşerken ise jeneratör modunda çalışmaktadır.



- Lityum Bazlı Kimyasal Depolama Yöntemi: Bu yöntemde farklı lityum alaşımlarıyla hücreler yapılmakta ve bunlar hücre haline getirilmektedir. Lityum bazlı malzemelerde depolama sisteminin ömrünün etkili şekilde kullanılması için elektronik kontrol

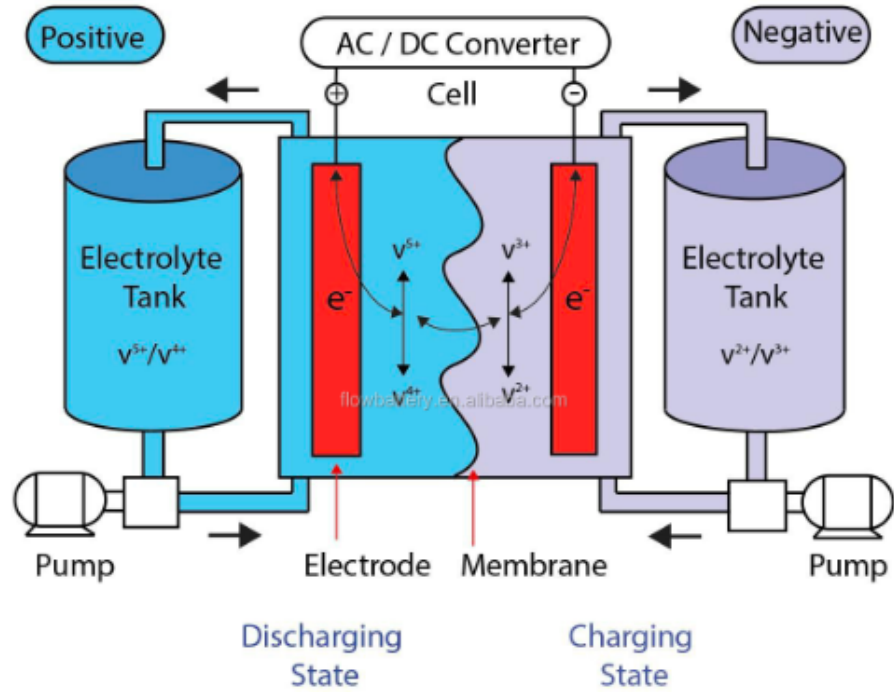
ekipmaları kullanıldığı gibi sistem veriminin artırılması için sistemin sıcaklık kontrolü de önemli hale gelmektedir. Aşağıdaki şekilde lityum depolama sistemlerinin ana bileşenleri gösterilmiştir;



Bu sistemlerde piller doğru akımla şarj edilmekte dolayısıyla sistemde bir inverter gereksinimi duyulmaktadır. Sistemde bulunan PCS ise pillerin şarjını ve deşarjını sağlayan ekipmandır. Ayrıca depolama kapasitesinin en iyi şekilde ve verimli şekilde kullanılmasını sağlayan havalandırma sistemi lityum depolama sistemlerinin önemli bir bileşenidir. Lityum farklı alaşımlarla kullanılmakta olduğu gibi günümüzde en çok kullanılan alaşım Lityum Demir Fosfattır. Bu tipin kullanılmasının ana sebebi çevrim sayısının yüksek olması ve sıcaklık dayanımının fazla olmasıdır. Özellikle sıcaklık dayanımının yüksek olması bu alaşımı en güvenli hale getirmektedir. Lityum bazlı batarya sistemlerinde sistemin çevrim sayıları

kullanılan malzeme tipine göre 4.000-10.000 arasında değişmektedir.

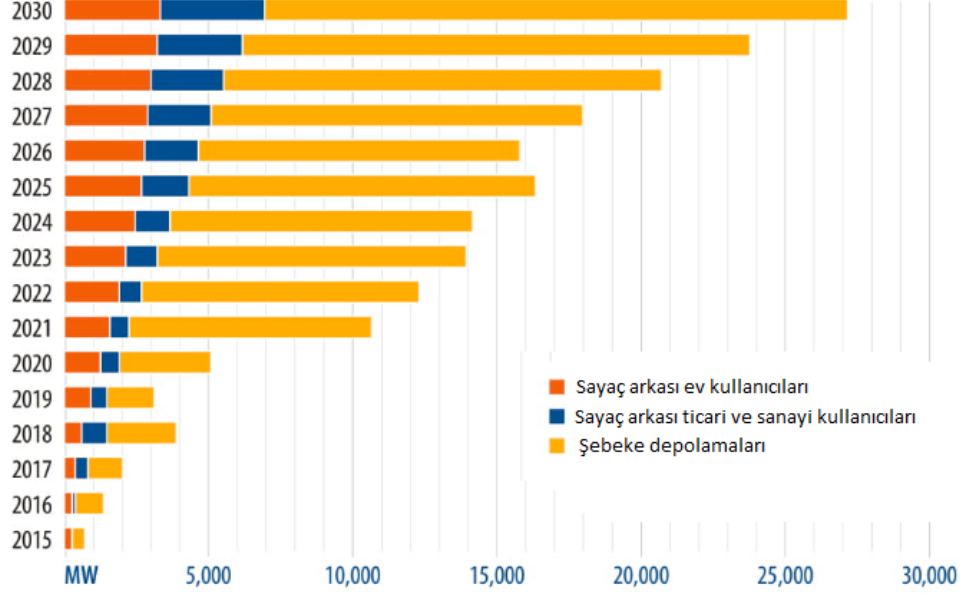
- Akış Bataryaları: Bu yöntemde akıkan malzeme en çok vanadyumdur. Vanadyum elektrik enerjisi ile elektroliz edilmekte ve elektroliz tanklarında biriktirilmektedir. Sonrasında tersine reaksiyon ile elektrik enerjisine çevrilmektedir. Bu yöntemin temel avantajı akışkan miktarının artırılmasıyla system kapasitesinin kolayca yükseltilmesi ve çevrim sayısının çok yüksek olmasıdır. Ancak system verimi lityum depolama ile karşılaştırıldığında çok düşüktür. Sistemin genel verimi %70 seviyesindedir.



Farklı depolama yöntemleri ve malzeme teknolojisi gelişirken dünyada kullanılan enerji depolama kapasitesi de hızla artmaktadır. Aşağıda şebekenin farklı seviyelerinde depolama teknolojileri uygulanmakla birlikte depolamanın yaygınlaşmasıyla ilgili beklenen gelişim aşağıdaki gibi

beklenmektedir. Bu gözle bakıldığında şebeke tarafında depolama teknolojilerinin uygulanması her ne kadar büyük oranda olacaksa da tüketici tarafında depolama teknolojilerinin uygulanması konusunda da ciddi bir artış beklenmektedir.

### Dünyada Yıllara Göre Enerji Depolama Sistemleri Kurulum Miktarları





Lityum iyon pillerdeki teknolojik atılımlar devam ederken, maliyet düşüşü önemli ölçüde kritik mineral/hammadde fiyatlarına bağlıdır. Bu nedenle de bu alanda farklı birçok malzemenin depolama teknolojinde kullanılması için çalışmalar yürütülmektedir. Bunlardan gelecekte en popüler olacak malzeme ize tuzlu su depolama sistemleri olarak görülmektedir. Sitemin beklenen hacim ve ağırlığı lityum piller yaklaşık 2 kat yüksek olsa da şebeke boyutundaki sabit depolama sistemleri için çoğunlukla kritik bir öneme sahip değildir. Lityum, nikel ve kobalt gibi maddelerde hammadde sıkıntısı yüksek ve kısıtlı kaynak olması farklı malzemelerin depolama sistemlerinde kullanılması yönünde çalışmaları hızlandırmaktadır. Yenilenebilir enerjinin daha verimli ve yüksek seviyede kullanılması için bazı ülkeler, hedefler, sübvansiyonlar, düzenleyici reformlar ve Ar-Ge desteği yoluyla depolama dağıtımını desteklemektedir. Bunlara örnek olarak;

- İspanya, Enerji Depolama Stratejisini Şubat 2021'de yayınladı. Bu kapsamda ülke 2030 yılına kadar 20 GW'lık sayaç arkası ve şebeke ölçeğinde depolama konuşlandırmayı hedeflemektedir.
- Almanya'da, depolamanın konuşlandırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının depolama ile eşleştirilmesini ödüllendiren inovasyon açık araştırmaları aracılığıyla teşvik edilmektedir. 2021 ve 2022'de 1 GW'ın üzerinde kurulu kapasiteyi temsil eden tüm başarılı teklifler, solar PV ile enerji depolamayı birleştiren projelerdir.
- Amerika Birleşik Devletleri'nde birkaç eyalet, depolama için özel hedefler belirlemiştir. Ocak 2022'de New York valisi, 2030 yılına kadar en az 6 GW depolama konuşlandırmayı hedefleyerek eyaletin enerji depolama hedefini ikiye katlamayı taahhüt etmiştir. Ayrıca, Ağustos 2022'de kabul edilen Enflasyon Düşürme Yasası, enerji bağımsız

sistemler için bir yatırım vergisi kredisi içermektedir.

#### 4. KAYNAKLAR

1. Flexibility requirements and the role of storage in future European power systems- Joint Research Centre (European Commission)
2. REPORT - A9-0130/2020 on a comprehensive European approach to energy storage- European Parliament
3. Assessment of energy storage technologies: a review- M. Rahman, A. Oni, E. Gemechu, et al.
4. IEA 2021. Global Energy Review 2020
5. IEA 2022. Global Energy Review 2021
6. Upgrading EU Hydropower for future needs- Eurelectric Raporu 2023