



Gelgit düzlüğü sedimantasyonuna güncel bir örnek: Mont-Saint-Michel Körfezi (Kuzeybatı Fransa)

A recent example for tidal flat sedimentation: Mont-Saint-Michel Bay (Northwestern France)

Attila ÇİNER

Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe, ANKARA

ÖZ

Fransa'nın kuzeybatısında 500 km²'lik bir alan kaplayan Mont-Saint-Michel (MSM) Körfezi yeryüzündeki en büyük gelgit nedenli günlük deniz seviyesi değişimlerinden birine sahne olması ile bilinir. Bahar aylarında 15 m'yi bulan deniz seviyesi değişimleri sonucu açığa çıkan 250 km²'lik gelgit düzlüğünde gerçekleştirilen bu çalışma sonucunda bölge, üç adet jeomorfik birime ayrılmış ve her birinin içerdiği sedimanter fasiyes ve ortamlar irdelenmiştir. Buna göre; körfez sistemi, gelgit kanalları, organik maddece zengin tuzlu bataklıklar ve gelgit düzlüğünün çamurlukumlu çevrimlerinden oluşur. Körfezin batısında ve orta kesimlerinde yer alan istridye-midye yığılımları ve solucan resifleri ise, zaman zaman engel adaları oluşturacak kadar gelişmişlerdir. Kuzeydoğudaki kıyı kumul sistemi ise, kuzeybatı rüzgarlarına açık bir alanda gelişmiş olup, kıyı kumulları ve gelgit akıntılarının yarattığı megaripillardan oluşur. Eldeki veriler ve yapılan gözlemler; her üç sistemin de sadece doğal nedenlerle değil, baraj, yol ve su kanalı yapımı gibi insan müdahalesi nedeni ile de denize doğru ilerlediğini göstermektedir. Bu bağlamda jeomorfik birimlerin ve içerdikleri sedimanter fasiyeslerin oluşum mekanizmalarının tam olarak anlaşılabilmesi sadece jeolojik anlamda değil, çevresel ve ekolojik anlamda da çok önemli hale gelmektedir.

Anahtar kelimeler: Holosen, gelgit düzlüğü, gelgit kanalı, Mont-Saint-Michel Körfezi, sedimanter çevrim, solucan resifleri, tuzlu bataklıklar.

ABSTRACT

The Mont-Saint-Michel (MSM) Bay covers an area of 500 km² to the northwest of France and is characterized by exceptional tidal amplitudes (up to 15 m during spring tides). Three geomorphic units together with their sedimentary facies and environments can be described from 250 km² tidal flat exposed daily. The estuary system is composed of tidal channels, organic rich schorre and mud-sand alternations of the tidal flat. The oyster and mussel accumulations and worm reefs situated to the west and center of the bay often create barrier islands. The dune system to the northeast is developed by strong northwesterly winds and contains coastal dunes and tide influenced megaripples. Available data and observations indicate that all three systems prograde not only because of natural processes but also because of human interventions such as dam, road and irrigation channel constructions. Therefore, a full understanding of the mechanisms that control the development of the geomorphic units and their sedimentary facies is not only important from a geological point of view but also from environmental and ecological perspectives.

Key words: Holocene, Mont-Saint-Michel Bay, tidal channels, tidal flat, schorre, sedimentary cycle, worm reefs.

GİRİŞ

Gelgit düzlüğü genelde çamur ve ince-kaba taneli kumdan oluşan ve ayın dünya üzerindeki

çekim etkisinden kaynaklanan gelgit olayı sırasında yüzeyleyen çok düşük eğimli geniş alanlar olarak tanımlanır (Curry, 1969; Chang ve Choi, 2001). Gelgit düzlükleri dalga enerjisinin düşük

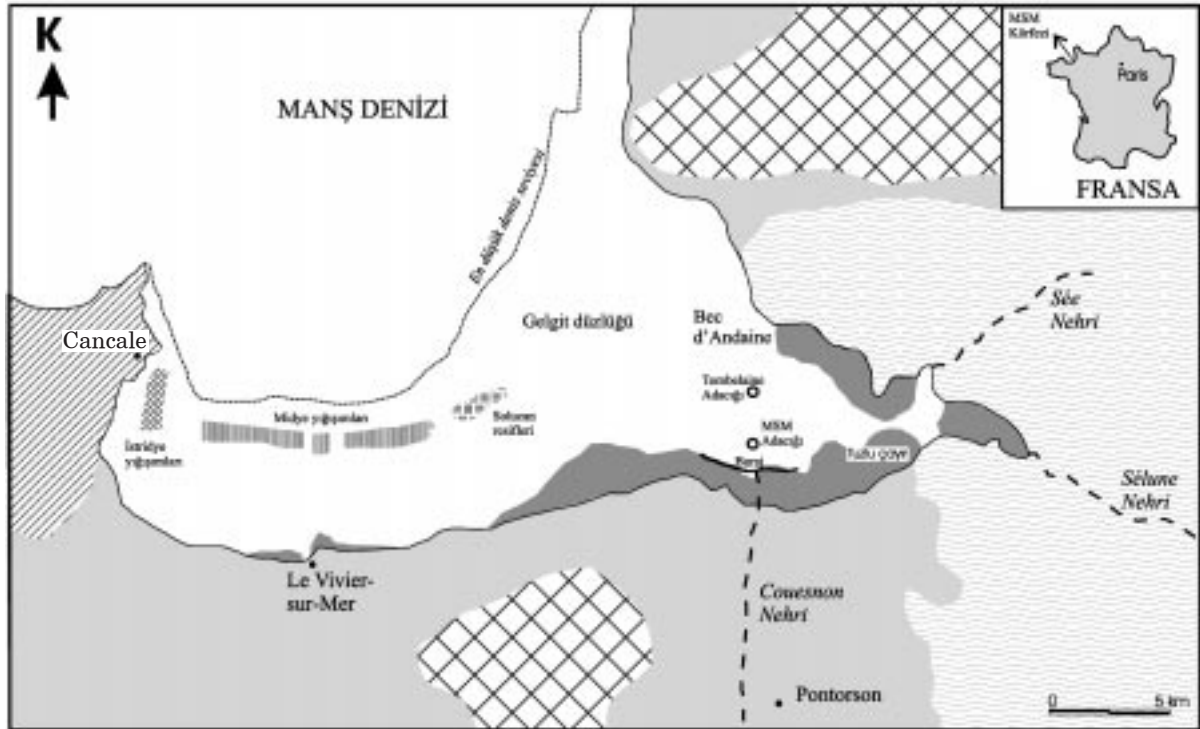
olduğu kıyı şeritleri, lagünler, körfezler ile orta ve çok güçlü gelgit etkisinde (mesotidal, macro-tidal) kalmış deltalarda çeşitli boyutlarda gözlemlenir (Reineck, 1967; Weimer vd., 1982; Reading, 1986). Oluşan morfoloji gelgitin yayılım alanı, dalga gücü ile ortamda bulunan sedimanların çeşidi ve oranı ile yakından ilgilidir (Klein ve Sanders, 1964; Hayes, 1975). Günümüzde ortalama su seviyesi değişiminin 8 m'den fazla olduğu çok güçlü gelgit, özellikle Manş Denizi'ne kıyısı olan ülkelerden Fransa, İngiltere ve Hollanda ile ABD'de Kaliforniya Körfezi, Kanada'nın kuzeydoğusu, Avustralya'nın kuzeyi ve Arjantin'in güneydoğusunda etkin bir şekilde gözlenmektedir (van Straaten, 1961; Evans, 1965; Thompson, 1968; Dars vd., 1979; Levoy vd., 2000).

Her ne kadar ülkemizde bu tür güncel sediman çökeltim alanları gözlenmesede geçmişte oluşmuş gelgit düzlüğü ile ilgili fasiyesler içeren birimlerin varlığı bilinmektedir (Varol ve Kazancı, 1983; Türkmen vd., 1999; Yılmaz, 1999; Çiner vd., 2002; Koşun ve Çiner, 2002). Bu çalışmanın amacı çok güçlü gelgit etkisinin yeryüzünde

en iyi gözlemlendiği yerlerden biri olan Mont-Saint-Michel (MSM) Körfezi'nde (kuzeybatı Fransa) rastlanan jeomorfik birimler ile sedimanter fasiyes ve ortamların bir kısmını irdelemektir. Çalışma yöntemi hava fotoğrafları ve arazi çalışmalarıyla belirlenen alanlarda çeşitli derinlik ve uzunlukta açılan yarmalar aracılığı ile fasiyeslerin zaman ve mekan içindeki dağılımlarının gözlenmesine ve yorumuna dayanmaktadır.

MONT-SAINT-MICHEL KÖRFEZİ'NİN JEOLJİK OLUŞUMU

MSM Körfezi Fransa'nın kuzeybatısında 500 km²lik bir alan kaplar (Şekil 1). Günümüzde körfezin tabanını oluşturan granit kütesinin 18.000 yıl öncesinde 120 m kadar yukarıda yer aldığı düşünülmektedir (Morzadec-Kerfourn, 1974, 1975). Bugün körfezin bulunduğu alanı çevreleyen kayalar doğuda şist ve granodiyorit, batıda migmatit, güneyde ise Pleistosen'den günümüze kadar gelişen alüvyonlardan oluşmaktadır (Deroin vd., 1997). Holosen öncesi başlayan iklimdeki ısınma sonucu yükselen de-



Şekil 1. Mont-Saint-Michel Körfezi yerbulduru ve şematik jeoloji haritası (Lefevre ve Bouchard, 2002'den değiştirilerek alınmıştır).

Figure 1. Location and schematic geological map of Mont-Saint-Michel Bay (modified from Lefevre and Bouchard, 2002).

niz seviyesinin yarattığı çökelme havza körfeze akan nehirlerin taşıdığı sedimanlar ile yavaş yavaş dolmaya başlamıştır (Lefeuvre ve Bouchard, 2002). Günümüzden 6500 yıl kadar önce yavaşladığı bilinen transgresyonun da etkisi ile körfezin dolma süreci hızlanmış ve ortalama kalınlığı 10 m'yi bulan bir sediman örtüsü bölgeyi kaplamıştır (Morzadec-Kerfourn, 1974, 1975; Lautridou, 1977). Havzanın kimi yerlerinde ise, sediman kalınlığının 20 m'yi geçtiği bilinmektedir (L'Homer, 1981). Özellikle karaya yakın olan kısımlarında organik maddece çok zengin çamurdan oluşan tuzlu bataklık alanlar ile kıyı önünün ileri kısımlarında karbonat oranı çok yüksek (40-55%) siltli-kumlu çökeller bulunur (Marchand vd., 1998). Yerel olarak bu çökeltilere "tangué" ve bunların oluşturduğu topoğrafyaya ise "wadden" adı verilir (Şekil 2). Yapılan sondajlarda kıyıya yakın kesimlerde turba ve eski toprak seviyeleri ile siltli-kumlu çökellerin (tangué) araldığı ve tümünün yaşının Holosen olduğu görülmektedir (SVT, 2002). Kıyıda açılara doğru gidildikçe ise turba seviyelerinin tamamen kaybolduğu ve killi-siltli-kumlu çökellerin çeşitli oranlarda araldığı gözlenmektedir.

Körfezin doğusunda yüzeyleyen Tombelaine ve MSM Adacıkları da ana granit kütlelerinin sedimanlarca kaplanmamış birer uzantıları görünümündedirler (Şekil 1 ve 3). Yapılan hesaplar deniz seviyesinin yılda ortalama 15 mm kadar yükseldiğini ve bunun sonucunda da 25-30 hektar kadar alanın tuzlu bataklıklar ile kaplandığını göstermektedir (Larsonneur, 1989; Bouchard vd., 1995). Holosen'den bu yana, özellikle de son 6000 yılda çökeltilen sedimanların miktarının

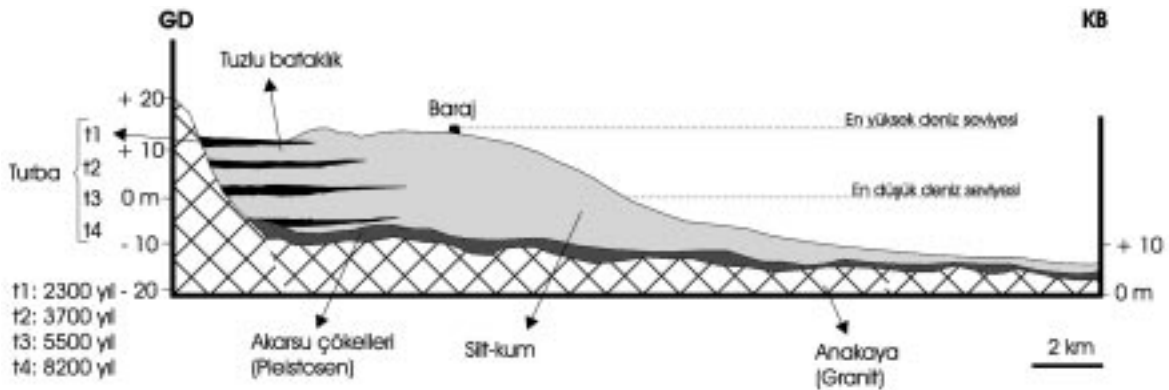
10 milyar m³ (yıllık 1.5-1.75 milyar m³) kadar olduğu hesaplanmıştır (Migniot, 1998).

JEOMORFİK BİRİMLER VE SEDİMAN ÇÖKEL ORTAMLARI

Okyanusal ılıman bir iklimin hüküm sürdüğü MSM Körfezi'nin bulunduğu bölge yeryüzünde görülen en büyük gelgit kökenli deniz seviyesi değişimlerinden birine sahne olması ile bilinir (Lang vd., 1973; Larsonneur, 1989; Levoy vd., 2000). Özellikle bahar aylarında 15 m'yi bulabilen günlük deniz seviyesi değişimlerinin sonucunda MSM Körfezi'nin yarıya yakın bölümü (yaklaşık 250 km²) açığa çıkar (Chabert D'Hieres ve Le Provost, 1978; Deroin vd., 1997). Böylece kuzeybatıya doğru yaklaşık 3°'lik bir eğimi bulunan körfezin kıyıda 15 km kadar bir kesiminde günün yarısını kaplayan bir zaman dilimi içerisinde jeomorfolojik ve sedimantolojik gözlemlerde bulunulabilecek olanaklı hale gelir. Bu çalışmada MSM Körfezi'nde gözlenen jeomorfik birimler Marchand vd. (1998)'den esinlenilerek üç sistem altında toplanmış olup, bunlar: 1. Körfez sistemi, 2. İstiridye-midye yığılımları ve solucan resifleri, 3. Kıyı kumul sistemi'dir.

Körfez Sistemi

MSM Körfezi'ne doğu ve güneydoğudan ulaşan üç nehir (Sée, Sélune ve Couesnon Nehirleri) bulunmaktadır (bkz. Şekil 1). Körfez sistemini oluşturan birimler anılan nehirlerin kıyı önünün çeşitli kesimlerinde oluşturduğu tuzlu bataklıklar ile gelgit düzlüğü ve kanalları gibi sedimanter or-



Şekil 2. Mont-Saint-Michel Körfezi sediman tiplerini gösterir şematik kesit. (SVT, 2002'den değiştirilerek alınmıştır).

Figure 2. Schematic section showing of sediment types in Mont-Saint-Michel Bay (modified from SVT, 2002).



Şekil 3. MSM Körfezi'nde gelgit sırasında gelişen sığ gelgit kanalları ve "tangué" olarak bilinen siltli-kumlu birimler (fotoğraf Tombelaine Adacığ'ından çekilmiş olup, ileride MSM Adacığı görülmektedir. Sağ ortada insanlar seçilmektedir).

Figure 3. Silty-sandy units (tangué) and shallow tidal channels in MSM Bay area (picture shows MSM Island taken from Tombelaine Island. Humans on the middle right).

tamları içerirler. Benzer birim ve fasiyesler GB İspanya-Portekiz sınırındaki Guardiania Nehri deltası (Morales, 1997) ile Güney Kore'nin batı sahilleri (Wells vd., 1990) gibi önemli gelgit olaylarının gözlemlendiği dünyanın başka bölgelerinde de tanımlanmışlardır.

Gelgit kanalı çökelleri

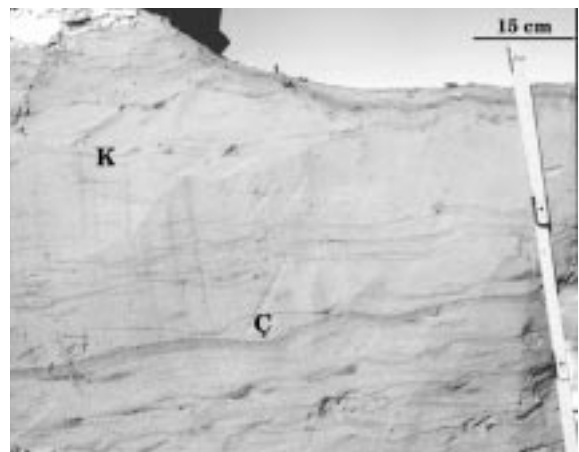
MSM Körfezi'ne ulaşan nehirler günlük gelgit sırasındaki hızlı su akışı nedeni ile önemli bir sediman taşıma mekanizması oluştururlar (Şekil 4). Körfeze vardığı noktada derinliği fazla olmakla birlikte (birkaç metre) kanalların genişliği gelgit esnasında birkaç yüz metreye kadar ula-



Şekil 4. Sélune Nehri ve hızla ilerleyen gelgit dalgası.
Figure 4. Sélune River and advancing tidal wave.

şabilmektedir. Körfezin orta kesimlerine ulaştıklarında ise dallanıp budaklanarak belirgin kanalları olmayan (anastomoze) bir nehir görünümü sunarlar (bkz. Şekil 3).

Gelgit kanallarından birinde açılan yarmalarda iyi boylanmış ve yuvarlaklaşmış, ince-orta kum boyutunda sedimanlara rastlanmıştır. Kanalın taban kısmında kaba taneli kum ve az da olsa gecikme çakılları gözlenmektedir. Kimi yerlerde belli belirsiz de olsa, ince bir tabakalanma izlenebilir. Ancak gelgit kanalının en önemli fasiyesi küçük boyutlu teknesi çapraz tabakalanma (1-5 cm) ve bunların oluşturduğu setlerdir. Kimi kesitlerde ise bu teknesi çapraz tabakaların çukur üst kısımları silt-kil boyu sedimanlar ile örtülmüştür (Şekil 5). Tüysü tabakalanma olarak bilinen bu sedimanter yapı, gelgit sırasında hızla hareket eden suyun oluşturduğu kum ripollarının üzerine suyun durağan hale geldiği dönemlerde asılı haldeki silt-kil boyu sedimanların (çamur) çökmesi ile oluşur (Reineck ve Wunderlich, 1968). Bölgede daha az da olsa gözlenen bir diğer sedimanter yapı ise, çamur katmanları arasında izole halde kum ripollarının gözlenebildiği dalgalı tabakalanmadır. Akıntı hızının artıp yavaşlayabildiği bazı ortamlarda (örneğin akarsu ortamı; Terwindt ve Breusers, 1972; Martin, 2000) oluşabilse de bu tür sedimanter yapılar özellikle gelgit kanalları ve gelgit düzlüklerinin tipik yapıları olarak bilinirler (van Straaten, 1954;



Şekil 5. Gelgit kanalı içinde gelişmiş tüysü çapraz tabakalanmalar. (İnce taneli kum ripollarının (K) çukur kesimleri (Ç) silt-kil boyu sedimanlarca doldurulmuştur).

Figure 5. Flaser bedding within a tidal channel. (The troughs of fine sand ripples (K) are filled by silt and mud (Ç)).

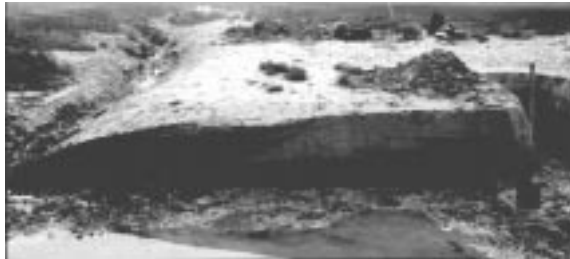
Reineck, 1967; Reineck ve Wunderlich, 1968; Terwindt, 1971; Elliott, 1986).

Tuzlu bataklıklar

Nehirler tarafından taşınan kil-silt boyu malzemenin gelgit etkisi ile kıyıya yakın kısımlarda çökmesi sonucu gelişen tuzlu bataklık alanları (yaklaşık 40 km²) üzerinde yetişen otlardan dolayı tuzlu çayır (schorre) olarak bilinir (Şekil 1 ve 6). Tuzlu çayırları oluşturan bu sedimanlar (balçık) üzerinde özellikle *Puccinellia* bitkisi çok geniş alanlar kaplar (Deroin vd., 1997). Açılan yarmalarda organik maddece zengin çamurlar ile ince-kaba taneli kumların yanıl ve dikey yönde fasiyes değiştirdikleri gözlenmektedir (bkz. Şekil 6). Özellikle çamur içinde belli belirsiz bir laminalanma ve bol bitki kökü izlerine rastlanır. Kimi kesitlerde ise turba olarak adlandırılabilir oranda organik maddece zengin seviyeler de gözlenmektedir (bkz. Şekil 2).

Çamurlu gelgit düzlüğü

Gelgit ara döneminde suda asılı halde bulunan kil boyu malzemenin çökmesi sonucu tuzlu çayırların denize doğru açılan kısımlarında oluşur ve geniş alanlar kaplar (Şekil 7). Üst kesimlerinde bitki örtüsü ve canlı izleri gelişmemiş olup, suyun tamamen çekildiği dönemlerde çamur çatlakları oluşur. Körfezin çeşitli kesimlerinde çamur çatlaklarının ayrışarak 5-50 cm bü-



Şekil 6. Tuzlu bataklıkların (tuzlu çayır) genel görünümü ve kesiti. Yüzeyde *Puccinellia* bitkileri ve küçük bir gelgit kanalcığı, kesitte ise organik maddece zengin çamur fasiyesinin yanıl ve dikey yönde silt oranı yüksek fasiyeslere geçişi görülmektedir (kürek 140 cm'dir).

Figure 6. General view and cross section of salt marches (schorre). *Puccinellia* plants and small tidal channel on the surface are visible. Section shows lateral and vertical facies changes from organic rich mud to silty-sandy sediments (shuffle is 140 cm long).



Şekil 7. Çamurlu gelgit düzlüğünün genel görünümü (arka planda MSM Adacığı ön planda ise yeni oluşmuş çamur çatlakları ve bunlardan türemiş çamur blokları görülmektedir. Pala 50 cm'dir).

Figure 7. General view of the muddy tidal flat (MSM Island on the background and newly developed mud cracks and mud blocks on the foreground. Knife is 50 cm long).

yüklüğe erişebilen çamur blokları ve bunların akıntılar ile taşınması sonucu oluşan çamur topçukları bulunabilir. Dikine kesitlerde ise kalınlığı 1 m'yi bulabilen masif çamura rastlanıldığı gibi laminalı veya çok ince tabakalı kil-silt ardalanmalarından oluşan sedimenter çevrimler de gözlenmektedir (Şekil 8). Yanıl devamlı, siyah renkli kil lamina ve/veya çok ince tabakalarının (1-2 cm) açık sarı renkli ince silt tabakaları (2-3 cm) ile ardalanmasından oluşan bu çökellerin özellikle siltli kesimlerinde çok yavaş akıntıların oluşturduğu akıntı ripilları da gözlenebilir.

Kumlu gelgit düzlüğü

Kumlu gelgit düzlüğü genellikle kıyı önünün ileri kısımlarında gelişmiştir. İnce-kaba kum boyutunda karbonat oranı çok yüksek çökeller yer yer midye ve istridye kavkaları da içerirler. Kimi yerlerde ise, kum boyutuna indirgenmiş canlı



Şekil 8. Çamurlu gelgit düzlüğünde siyah renkli kil lamina ve/veya çok ince tabakaları ile açık sarı renkli ince silt tabakalarından oluşan sedimenter çevrimler.

Figure 8. Sedimentary cycles made up of black mud laminae and/or very fine beds alternating with yellow colored fine silty beds.

kavkuları sedimanın tamamını oluşturabilir. Yüzeyle, gelgit akıntılarının şiddet ve yönüne bağlı olarak gelişen çeşitli tipteki akıntı ripilları gözlenir (Şekil 9 ve 10). Dikine kesitlerinde ise masif görünümü kumda bol canlı kaçış izleri ile su kaçma yapılarına rastlanabilir (Şekil 11).

Karışık (kumlu-çamurlu) gelgit düzlüğü

Yukarıda değinilen çamurlu ve kumlu gelgit düzlüğünde gelişen çökellerin çeşitli oranlarda karışması ve/veya ardanması sonucu gelişen ve coğrafi anlamda en yaygın olan gelgit düzlüğü



Şekil 9. Kumlu gelgit düzlüğünde gelişmiş akıntı ripilları (akış yönü fotoğrafın sağından soluna doğru olup arka planda MSM Adacığı görülmektedir).

Figure 9. Current ripples developed in sandy tidal flat (current direction is from right towards left, MSM Island on the background).



Şekil 10. Kumlu gelgit düzlüğünde gelişmiş dil şekilli ripilllar (akış yönü fotoğrafın üst sağ kısmından alt sol kısmına doğrudur. Pala yaklaşık 30 cm'dir).

Figure 10. Lingoid ripples developed in sandy tidal flat (current direction is from upper right towards lower left. Knife is approximately 30 cm long).



Şekil 11. Kumlu gelgit düzlüğünden bir kesit ve canlı kaçış izleri.

Figure 11. Sandy tidal flat section showing bioturbation.

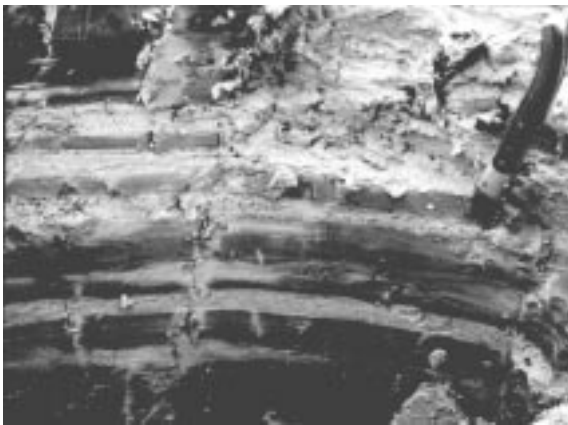
fasiyesidir (Şekil 12). Açılan yarmalarda, kalınlıkları 1 m'yi geçebilen masif kum ve masif çamur tabakalarının yanı sıra ortalama 1-5 cm kalınlıktaki çamur-kum tabakalarının ardanmaları da gözlenmiştir (Şekil 13). Kum tabakalarının kalınlıkları kimi yerde 10 cm'yi geçebilir ve tabakalar içinde aşağıdan yukarıya doğru tane boyu küçülmesi ve üst kısımlarda da küçük akıntı ripilları bulunabilir. Çamur tabakaları içinde ise siyahtan griye kadar değişen renklerde milimetre kalınlığında laminalanma gözlenir. Bu çamur-kum ardanmaları çamurlu gelgit düzlüğünde bahsedilen çevrimlerin kumlu eşdeğeri olarak yorumlanabilirler.



Şekil 12. Karışık (kumlu-çamurlu) gelgit düzlüğü. Sarı renkli kaba kumdan oluşmuş engel adası bir dil şeklinde uzanmakta olup üzerinde küçük boyutlu rüzgar ripilları gelişmiştir. Çamur çatlaklarının ayrışması ile oluşmuş çapı 1 m'yi bulabilen çamur blokları ise geri planda görülmektedir (uzakta MSM Adacığı seçilmektedir).

Figure 12. Mixed tidal flat. Tongue shaped barrier island composed of yellow coarse sand on the foreground and mud blocks up to 1 m in diameter on the background (MSM Island on the upper left of the picture).

Karışık gelgit düzlüğünde gözlenen diğer bir fasies de yutan kumlar (moving sands) ve küçük boyutlu çamur volkanlarıdır (Şekil 14 ve 15). Yutan kumlar üstteki kum yığınının su ile doymuş olmasından dolayı alttaki çamur tabakası üzerine tam olarak çökelememiş olmasından kay-



Şekil 13. Karışık gelgit düzlüğünden bir kesit (sarı kaba kum tabakalarının ince laminalı siyah çamur tabakaları ile ardalanmasından oluşan sedimanter çevrimler).

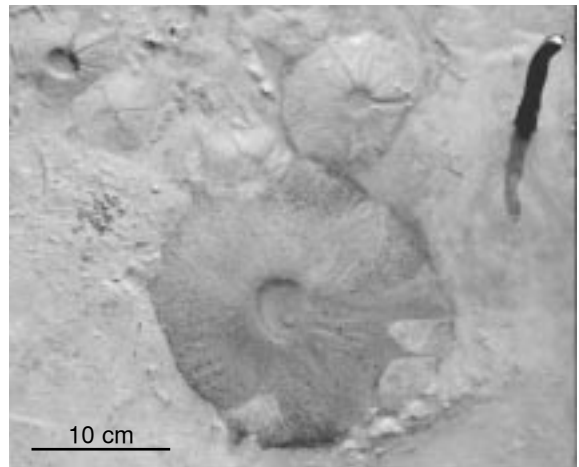
Figure 13. A section through the mixed tidal flat (sedimentary cycles composed of yellow coarse sand beds alternating with finely laminated black muddy beds).



Şekil 14. Karışık gelgit düzlüğünde gözlenen yutan kumlar ve üzerine yapılan basınç sonucu oluşan küçük boyutlu çamur volkanları.

Figure 14. Moving sands and mud volcanoes in the mixed tidal flat environment.

naklanırlar. Kimi yerlerde 50 m²'yi bulan alanlar kaplayan ve üzerine basanı (bölgeyi ziyaret eden turistler, ıstırdye-midye toplayan kişiler ve tuzlu çayırlarda otlayan koyunlar gibi) aşağı doğru çekebilen tehlikeli bir oluşum olarak bilinirler. Yutan kumlar üzerine hafifçe basılması ile alttaki çamurun bir su kaçma yapısı oluşturarak yüzeye çıkması sonucu ise küçük boyutlu çamur volkanlarının oluştuğu gözlenmiştir (bkz. Şekil 14 ve 15). Oluşan çamur volkanlarının genişlikleri 5-20 cm yükseklikleri de 2-4 cm olabilir. Benzer şekilde hızlı çökelişin ve tektonizma-



Şekil 15. Çamur volkanlarından bir ayrıntı.
Figure 15. Detail of a mud volcano.

nın aktif olduğu bölgelerde özellikle organik maddece zengin çamurları üzerleyen sedimanların ağırlığı ile oluşan metrelerce yüksekliğindeki çamur volkanlarının varlığı da bilinmektedir (Hedberg, 1974; Kopp, 1985; Algar, 1993; Aslan vd., 2001).

İstridye-Midye Yığılımları ve Solucan Resifleri

MSM Körfezi'nin batısı ile orta kısımlarını kaplayan bölgede çeşitli deniz kabuklularının oluşturduğu yığılımlar ve solucan resifleri gelişmiştir.

İstridye yığılımları

Çalışma alanının batısındaki Cancale yarımadası açıklarında genelde kıyıya paralel uzanan ıstridye yığılımlarının uzunlukları birkaç km'yi, genişlikleri 5-20 m'yi, yükseklikleri ise kimi yerlerde 0.5-1 m'yi bulabilir (Şekil 1 ve 16). Karaya doğru tuzlu çayırlara, denize doğru ise karışık gelgit düzlüğüne geçiş yapan bu yığılımlar, bazı yerlerde bir dalgakıran görevi yaparak sahil ile arasında çok sığ bir lagün oluşturabilirler.

Midye yığılımları

Körfezin güneybatısındaki midye kabuklarının oluşturduğu yığılımlar ise çok daha geniş alanlar kaplarlar (bkz. Şekil 1). Gelgit akıntılarının etkisi nedeniyle genelde iyice kırılmış kavkılardan oluşan ve kıyıya paralel olarak uzanan bu yığılımların bir kısmı da tıpkı ıstridye yığılımları gibi bir engel adası görünümünü almıştır. Sa-



Şekil 16. Ufalanmış ıstridye kavkılarında oluşan ve tuzlu çayırlara yanal (geri plandaki otluk alan) ve dikey (suyun aktığı kanalcık civarı) yönde geçiş yapan ıstridye yığılımları.

Figure 16. *Oyster accumulations passing laterally (plants on the background) and vertically (small tidal channel on the left) to the schorre.*

hil ile engel adası arasında oluşan lagünde ise tipik olarak masif görümlü ve yoğun canlı kaçış izli çamur gözlenir. Lagünü kesen küçük boyutlu gelgit kanalları ve bunları dolduran silt-kum boyu sedimanlara da sıkça rastlanır.

Solucan resifleri

Körfezin orta kesimlerinde ise yörede "Hermelles" olarak bilinen Polychaeta annelids (*Sabellaria alveolata*) solucan resifleri takriben 100 hektar kadar bir alan kaplarlar (Deroin vd., 1997; Şekil 1, 17 ve 18). Gelgit esnasında asılı halde taşınan silt-kum boyu malzemeleri yakalayan büyüyen, açık kahve renkli bir tüp biçimindeki solucanlardan oluşan bu resifler, genelde 40-80 cm (en büyük 150 cm) yüksekliğinde kümeler şeklinde gelişmiş olup, yanal olarak



Şekil 17. Polychaeta annelids (*Sabellaria alveolata*) solucan resifleri.

Figure 17. *Polychaeta annelids (Sabellaria alveolata) worm reefs.*



Şekil 18. Solucan resiflerinin tüplerini gösterir ayrıntı (lens kapağının çapı 5 cm'dir).

Figure 18. *Detail showing the tubes of the worm reefs (lens cap is 5 cm in diameter).*

fazla devamlılık göstermezler ve kumlu gelgit düzlüğüne geçerler.

Kıyı Kumul Sistemi

MSM Körfezi'nin kuzeydoğusunda Bec d'Andaine olarak anılan bölgede kuzeybatı rüzgarları ve gelgit akıntılarının etkisi ile kuzeyden güneye doğru bir dil şeklinde uzanan kıyı kumul sistemi gelişmiştir (bkz. Şekil 1). Körfez sistemindeki nehirlerin taşıdığı sedimanların geliştirdiği tuzlu çayırın yayılımını engelleyen bir konumda bulunan bu kumullar kıyıya paralel olarak birkaç km boyunca uzanırlar. Karasal kesiminde yükseklikleri metrelerce olan kumullar gelgit akıntılarına maruz kalan kesimlerde 20-40 cm yükseklikte megaripillar olarak gelişmişlerdir (Şekil 19 ve 20).

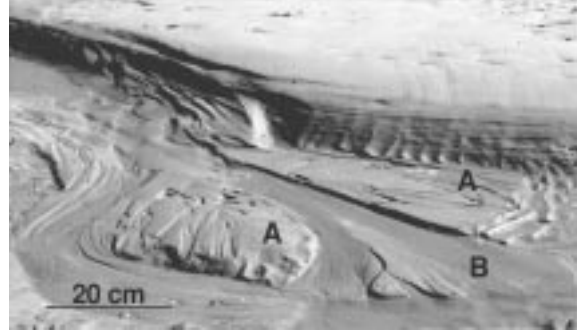
TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yeryüzündeki büyük boyutlu güncel gelgitten en önemlilerinden birinin gözlenmediği MSM Körfezi'nde üç jeomorfik birim (1. Körfez sistemi, 2. İstridye-midye yığılımları ve solucan resifleri, 3. Kıyı kumul sistemi) ayırtılarak bunların içerdi-



Şekil 19. Kıyı kumul sistemi (K) (geri plandaki ağaçlı bölge) ve ön kısımda gelgit akıntıları ile gelişmiş megaripillar (akıntı yönü fotoğrafın sağ üst köşesinden sol alt köşesine doğrudur). Megaripilların üzerinde sığ suda ve hafif akıntı ile gelişmiş dil şekilli ripillar (A) ve fotoğrafın sağ alt köşesine doğru ilerleyen boşaltma ripilları (B) görülmektedir.

Figure 19. Dune system (K) (forest on the background) and the megaripples developed by tidal currents on the foreground (flow direction from upper right towards lower left of the picture). Smaller current ripples generated on top of the megaripples: A) lingoid ripples, B) drainage ripples moving towards lower right).



Şekil 20. Megaripilların çanak kesiminde oluşmuş küçük boyutlu bir yelpaze (A) ve su seviyesinin tekrar alçalması sonucu onu keserek oluşan diğer bir alçak düzey yelpazesi (B).

Figure 20. Small fan (A) developed within the trough of a megaripple. Note the lowstand fan (B) cutting trough the previously formed fan.

ği sedimanter fasiyesler tanımlanmıştır. Buna göre nehirlerin körfeze girdiği noktadan itibaren gelişen körfez sisteminin sığ gelgit kanallarını dolduran çökellerin önemli bir bölümü tüysü ve dalgalı tabakalanmalar ile temsil edilirler. Bu kanalların içinde ilerlediği organik maddece zengin çamur ve silt-ince kumdan oluşan tuzlu bataklıklar (tuzlu çayır) ise üzerlerinde gelişen bitki örtüsü ile tipiktirler.

Körfez sisteminin diğer sedimanter ortamlarını ise, kıyıda açığa doğru çamurlu ve kumlu gelgit düzlüğü ile bunların yanal ve dikey yönde geçiş yaptığı karışık gelgit düzlüğü oluşturur. Açılan yarmalarda gözlenen çamur-silt ve/veya kumdan oluşan lamina ve tabakaların oluşturduğu sedimanter çevrimler gelgit düzlüğünün en önemli fasiyeslerinden biridir. Varv olarak tanımlanan benzer çevrimler tipik olarak buzul gölleri ve kapalı havzalarda gözlenmekte olup, her bir çifti bir yıllık çökelişime işaret eder (Ashley, 1975). Mekanizması veya oluştuğu ortam ne olursa olsun sedimanter çevrimlerin oluşabilmesi için önemli oranda dikine birikmenin olması ve dolayısıyla çökelişimin erozyondan daha baskın olduğu bir durumun oluşması gerektiği genelde kabul gören bir yaklaşımdır (Allen ve Duffy, 1998). Benzer güncel gelgit çevrimlerinde yapılan araştırmalar koşullar uygun olduğu takdirde yıllık net çökelişim miktarının 10 cm'den 1 m'ye kadar değişebildiğini göstermektedir (Archer ve Kvale, 1989; Williams, 1989a,b, 1991; Kuecher vd., 1990; Miller ve Eriksson, 1997). Buna karşın Proterozoik (Chan vd., 1994) ve Karbonifer

(Lanier vd., 1993; Kvale vd., 1994; Miller ve Eriksson, 1997) yaşlı kayaçlarda gözlenen sedimanter çevrimler, gelgit etkisinden ziyade, gelgit bölgesine ulaşan nehirlerin mevsimsel sediman miktarındaki değişime atfedilmiştir. Bu görüşe paralel olarak MSM Körfezi'ne giren nehirlerin sediman yüklerindeki mevsimsel değişimlerden dolayı yaz ve bahar ayları süresince silt-kum boyu malzeme çökelerken, organik aktivitenin daha az olduğu kış aylarında ise genelde kil boyu sedimanların çökelmiş olabileceği ve dolayısıyla karışık gelgit düzlüğünde gözlenen çevrimlerin en azından bir kısmının bu şekilde oluşmuş olabileceği yorumu yapılabilir. Çamurlu gelgit düzlüğündeki kil-silt aralanmalarının her bir çifti ise yıllık ve/veya ayın çekim etkisi ile oluşan 28 günlük (1 ay) gelgit kökenli sedimanter çevrimler olabilir (Allen ve Duffy, 1998). Her ne kadar bu çalışmanın kapsamı dışında ise de, bu tür sedimanter çevrimlerin kökenlerine ve oluşum mekanizmalarına ilişkin daha ayrıntılı bir kaniya varılabilmesi için, güncel sedimantasyonun çeşitli izleme noktaları aracılığıyla ve belirli bir süre boyunca (örneğin açılan bir yarmada aylık ve yıllık sedimantasyon ölçümleri ve bunların istatistikî bilgilerinin derlenmesi gibi) takip edilmesi gerekmektedir.

MSM Körfezi'nin batısı ile orta kısımlarında bulunan istridye-midye yığılımları ile solucan resiflerinin gelgit düzlüğü üzerinde zaman zaman engel adaları oluşturabilecek kadar geliştikleri bilinmektedir. Yapılan gözlemler istridye-midye yığılımlarının kapladığı alanların gittikçe arttığı yönündedir (Bonnot-Courtois, 1994; Marchand, 1997).

Körfezin kuzeydoğusunda kuzeybatı rüzgarlarının etkisine açık bir alanda gelişmiş olan kıyı kumul sistemi de, diğer sistemlerde olduğu gibi, net bir ilerleme halindedir. Özellikle körfez sistemini oluşturan nehirlerin taşıdığı kumlar kıyı kumullarını ve gelgit etkisine maruz megaripolların oluşumunu beslemektedir. Bu alanların da *Spartina townsendi* ve *Salicornia herbacea* gibi bitkilerce gittikçe artan bir şekilde kaplanması sonucu 10 yıldan az bir zaman dilimi içerisinde sistemin 180 ile 270 m arasında ilerlediği belirtilmektedir (Marchand vd., 1998).

Tüm bu doğal olaylara ilave olarak, insan aktivitesinin de sedimantasyon üzerinde çok önemli bir etki yaptığı ve bölgenin morfolojisini değiştirdiği

gözlenmektedir (Lefeuvre ve Bouchard., 2002). 11. Yüzyıl'dan itibaren ekilebilecek alanlar açmak ve taşkınları önlemek amacı ile inşa edilen çeşitli settler ve küçük barajlar ile su kanallarının yapımı nehirlerin taşıdığı sedimanların gittikçe daha gerilerde çökmesine neden olmaktadır (Morzadec-Kerfourn, 1974, 1975; Larssonneur, 1989). Ayrıca 1879 yılında anakara ile MSM Adacığı arasında yapımı tamamlanan yola, 1959 yılında taşıt park alanı da eklenmiştir. Her yıl MSM Manastırını ziyarete gelen milyonlarca turist'in ihtiyacına yanıt verse de, bu yapılar sedimantasyonu arttırmakta ve bunun sonucu olarak da MSM Adacığı'nın etrafı gelgit sırasındaki yüksek deniz seviyesinde bile artık su ile kaplanmamaktadır (Migniot, 1998). İnşa edilen barajların bir kısmının nehir yataklarının yer değiştirmesi sonucu yıkılmaları bile bu sonucu değiştirecek gibi görülmektedir (L'Homer, 1981). Nitekim yapılan hesaplar yıllık 1.5 milyon m³'lük sediman girdisi olan körfezin pek de uzak olmayan bir gelecekte dolmaya mahkum olduğunu göstermektedir (LCHF, 1977). MSM Körfezi'nde gözlenen jeomorfik birimler ve bunların içerdiği sedimanter fasiyelerin oluşum mekanizmalarının iyi anlaşılabilmesi, sadece jeolojik anlamda değil çevresel, ekolojik ve beşeri anlamda da büyük bir önem taşımaktadır.

KATKI BELİRTME

Yazar, bu çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli olan arazi incelemesine maddi destek sağlayan Türkiye'deki Fransız Büyükelçiliği'ne, bölgeyi kendisine tanıtan Dr. Philippe Düringer (Louis Pasteur Üniversitesi, Strasbourg), Dr. Max Deynoux (CNRS, Strasbourg) ve Dr. Ahmed Benan'a (TOTAL Petrol Şirketi), şekillerin düzenlenmesinde yardımcı olan Arş. Gör M. Akif Sarıkaya'ya (Hacettepe Üniversitesi) ve makalenin gelişmesine eleştiriyle katkı sağlayan Prof. Dr. Nizamettin Kazancı ile adını bilmediği diğer hakeme teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

- Algar, S.T., 1993. Controls on Jurassic through Early Tertiary sedimentation, in Trinidad. In: J.L. Pindell and B.F. Perkins (eds.), Mesozoic and Early Cenozoic development of the Gulf of Mexico and Caribbean region: A context for hydrocarbon exploration, 13th Annual Research Conference Proce-

- edings, Gulf Coast Section, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 221-235.
- Allen, J.R.L., and Duffy, M.J. 1998. Temporal and spatial depositional patterns in the Severn Estuary, southwestern Britain: intertidal studies at spring-neap and seasonal scales, 1991-1993. *Marine Geology*, 146, 147-171.
- Archer, A.W., and Kvale, E.P., 1989. Seasonal and yearly cycles within tidally laminated sediments-an example from the Pennsylvanian of Indiana, U.S.A. In: J. Cobbs (ed.), *Geology of the Lower Pennsylvanian in Kentucky, Indiana and Illinois*. Illinois Basin Studies, 1, 45-56.
- Ashley, G.M., 1975. Rhythmic sedimentation in glacial lake Hitchcock, Massachusetts-Connecticut. In: *Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation*. A.V. Jopling, and B.C. McDonald (eds.), Special Publication Society Economic Paleontologists Mineralogists, 304-320.
- Aslan, A., Warne, A.G. White, W.A., Guevara, E.H., Smyth, R.C., Raney, J.A., and Gibeaut, J.C., 2001. Mud volcanoes of the Orinoco Delta, Eastern Venezuela. *Geomorphology*, 41, 323-336.
- Bonnot-Courtois, C. 1994. Les bancs coquillers du haut estran de la baie du Mont-Saint-Michel entre Saint-Benoit-des-Ondes et la Chapelle-Sainte-Anne, Rapport Diren, Ecole pratique des hautes études, Dinard, 173 pp.
- Bouchard, V., Digaire, F., Lefevre, J.C., et Guillon, L.M., 1995. Progression des marais salés _l'Ouest du Mont Saint Michel entre 1984 et 1994. *Mappe Monde*, 4, 28-34.
- Chabert D'Hieres, G., et Le Provost, C., 1978. Atlas des composantes harmoniques de la marée dans la Manche. *Annales Hydrographiques*, 6, Fascicule 3.
- Chan, M.A., Kvale, E.P., Archer, A.W., and Sonett, C.P., 1994. Oldest direct evidence of lunar-solar tidal forcing encoded in sedimentary rhythmites, Proterozoic Big Cottonwood Formation, central Utah. *Geology*, 22, 791-794.
- Chang, J.H., and Choi, J.Y., 2001. Tidal-flat sequence controlled by Holocene sea-level rise in Gomso Bay, West Coast of Korea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52, 391-399.
- Curry, J.R., 1969. Estuaries, lagoons, tidal flats and deltas. In: *The New Concepts of Continental Margin Sedimentation: Application to the Geological Record*, D.J. Stanley (ed.), American Geological Institute, Washington, 1-30.
- Çiner, A., Koşun, E., and Deynoux, M., 2002. Fluvial, evaporitic and shallow marine facies architecture, depositional evolution and cyclicity in the Sivas Basin (Lower to Middle Mioocene), Central Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21(2), 147-165.
- Dars, M., Bessero, G. et Guevel, D., 1979. Les marées, tome 1. Cours de l'Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées. Editée par le centre d'édition et de documentation de l'Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées, 277 pp.
- Deroin, J-P., Marchand, Y., and Auffret, J-P., 1997. Littoral survey using the JERS-OPS multispectral sensor: example of the Mont-Saint-Michel bay (Normandy, France). *Remote Sensing Environment*, 62, 119-131.
- Elliott, T., 1986. Siliciclastic shorelines. In: *Sedimentary Environments and Facies*. H.G. Reading (ed.), Blackwell, Oxford, 155-188.
- Evans, G., 1965. Intertidal flat sediments and their environments of deposition in the Wash. *Quarterly Journal of Geological Society*, 121, 209-245.
- Hayes, M.O., 1975. Morphology of sand accumulation in estuaries: an introduction to the symposium. In: *Estuarine Research*. L.W. Cronin (ed.), Academic Press, London, 3-22.
- Hedberg, H.D., 1974. Relation of methane generation to under-compacted shales, shale diapirs, and mud volcanoes. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 58, 661-673.
- Klein, G.D., and Sanders, J.E., 1964. Comparison of sediments from Bay of Fundy and Duch Wadden Sea tidal flat. *Journal of Sedimentary Petrology*, 35, 19-24.
- Kopp, M.L., 1985. Genetic relationship between clay diapirs, mud volcanoes, and horizontal compression structures as illustrated by the Alyat Ridge, southeast Caucasus. *Geotectonics*, 19, 224-233.
- Koşun, E. ve Çiner, A., 2002. Zara güneyi (Sivas Havzası) karasal-sığ denizel Miyosen çökelmelerinin litostratigrafisi ve fasiyes özellikleri, *MTA Dergisi*, 125, 65-88.
- Kuecher, G.J., Woodland, B.G., and Broadhurst, F.M., 1990. Evidence of deposition from individual tides and of tidal cycles from the Francis Creek Shale (host rock of the Mazon Creek biota), Westphalian D (Pennsylvanian), northeastern Illinois. *Sedimentary Geology*, 68, 211-221.
- Kvale, E.P., Fraser, G.S., Archer, A.W., Zawistovski, A., Kemp, N., and McGough, P., 1994. Evidence of seasonal precipitation in Pennsylvanian sediments of the Illinois Basin. *Geology*, 22, 331-334.

- L'Homer, A., 1981. Bilan sédimentaire. Erosion en baie du Mont Saint Michel depuis 1857. Séminaire National de Propriano: La recherche régionale des sédiments. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, Service Géologique Nationale, 245-252.
- Lang, J., Lucas, G., and Mathieu, R., 1973. Le domaine benthique de la baie du Mont-Saint-Michel (Manche). *Sciences de la Terre*, 18(1), 21-78.
- Lanier, W.P., Feldman, H.R., and Archer, A.W., 1993. Tidal sedimentation from a fluvial to estuarine transition, Douglas Group, Missourian-Virgillian, Kansas. *Journal of Sedimentary Petrology*, 63, 860-873.
- Larsonneur, C., 1989. La Baie du Mont-Saint-Michel: un modele de sedimentation en zone tempérée. *Bulletin Institut Géologique du Bassin d'Aquitaine*, 46, 5-64.
- Lautridou, J.P., 1977. Recherches de gelifraction expérimentale sur des facies variés de l'Avranchin, du Sud-Coutançais et Mortainais. *Bulletin Société Limnologie Normandie*, 105, 57-68.
- LCHF (Laboratoire Central d'Hydraulique de France), 1977. Baie du Mont Saint Michel. Etude de la dynamique sédimentaire. Synthèse générale de l'étude en nature. LCHF documentation, Montpellier, France, 20 pp.
- Lefeuvre, J-C., and Bouchard, V., 2002. From a civil engineering project to an ecological engineering project: An historical perspective from the Mont Saint Michel bay (France). *Ecological Engineering*, 18, 593-606.
- Levoy, F., Anthony, E.J., Monfort, O., and Larsonneur, C., 2000. The morphodynamics of megatidal beaches in Normandy, France. *Marine Geology*, 171, 39-59.
- Marchand, Y., 1997. Cartographies sédimentologiques et morphologiques par télédétection de la baie du Mont-Saint-Michel (Ouest de la France). Comparaison de capteurs et de méthodes de segmentation d'images. *Documents BRGM*, 259, 196 pp.
- Marchand, Y., Auffret, J-P., and Deroin, J-P., 1998. Morphodynamics of the Mont-Saint-Michel bay (West France) since 1986 by remote sensing data. *Compte Rendu Academie Science*, 327, 155-159.
- Martin, A.J., 2000. Flaser and wavy bedding in ephemeral streams: a modern and an ancient example. *Sedimentary Geology*, 136, 1-5.
- Migniot, C., 1998. Rétablissement du caractère maritime du Mont Saint Michel. Synthèse des connaissances hydro-sédimentaires. *Mission Mont Saint Michel*, 111 pp.
- Miller, D.J., and Eriksson, K.A., 1997. Late Mississippian prodelta rhythmites in the Appalachia Basin: a hierarchical record of tides and climate periodicities. *Journal of Sedimentary Research B*, 67, 653-660.
- Morales, J.A., 1997. Evolution and facies architecture of the mesotidal Guardiana River Delta (SW Spain-Portugal). *Marine Geology*, 138, 127-148.
- Morzadec-Kerfourn, M.T., 1974. Variations de la ligne de rivage armoricaine au Quaternaire. Analyse pollinique de dépôts organiques littoraux. *Memoire Société Géologique Minérologique Bretagne*, 17, 208.
- Morzadec-Kerfourn, M.T., 1975. Evolution paléogéographique du Marais de Dol en Bretagne (Ille et Vilaine) durant le Flandrien. *Bulletin Société Géologique Minérologique*, 7(1), 49-51.
- Reading, H.G., 1986. *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell Scientific Publications, 2nd Edition. 615 pp.
- Reineck, H. E. 1967. Layered sediments of tidal flats, beaches and shelf bottoms of the North Sea. In: *Estuaries*. G. D. Lauff (ed.), American Association of Advanced Science, Washington, 191-206.
- Reineck, H.E., and Wunderlich, F., 1968. Classification and origin of flaser and lenticular bedding. *Sedimentology*, 11, 99-104.
- SVT (Sciences de la Vie et de la Terre) 2002. Terminale S, Nathan, 159 pp.
- Terwindt, J.H.J., 1971. Lithofacies of inshore estuarine and tidal inlet deposits. *Geologie Mijnbouw*, 50(3), 515-526.
- Terwindt, J.H.J., and Breusers, H.N.C., 1972. Experiments on the origin of flaser, lenticular and sand-clay alternating bedding. *Sedimentology*, 19, 85-98.
- Thompson, R.W., 1968. Tidal flat sedimentation on the Colorado River Delta, northwestern Gulf of California. *Memoirs Geological Society of America*, 107, 1-133.
- Türkmen, İ., Inceöz, M. ve Kerey, İ.E., 1999. Kırkgöç Formasyonu (Orta Eosen-Oligosen): gel-git düzlüğü ve fırtınalı şelf kompleksine bir örnek (Elazığ KKB'sı). *Yerbilimleri*, 21, 125-142.
- van Straaten, L.M., 1954. Composition and structure of Recent marine sediments in the Netherlands. *Leidse Geologie Mededel.* 19, 1-110.
- van Straaten, L.M., 1961. Sedimentation in tidal flat areas. *Journal of Alberta Society Petroleum Geologists*, 9, 203-226.
- Varol, B. ve Kazancı, N., 1983. Üst Kretase yaşlı bir gelgit topluluğunun fasiyes özellikleri (Seben-GD Bolu). *MTA Dergisi*, 101/102, 14-19.
- Weimer, P., Howard, J.D., and Lindsay, D.R., 1982. *Sandstone Depositional Environments*.

- P.A. Scholle and D. Spearing (eds). *Memoirs of American Petroleum Geology*, 31, 191-245.
- Wells, J.T., Adams, C.E.J., Park, Y.A., and Frankenberg, E.W. 1990. Morphology, sedimentology and tidal channel processes on a high-tide-range mudflat, west coast of South Korea. *Marine Geology*, 95, 111-130.
- Williams, G.E., 1989a. Late Precambrian tidal rhythmites in South Australia and the history of the Earth's rotation. *Journal of Geological Society London*, 146, 97-111.
- Williams, G.E., 1989b. Precambrian tidal sedimentary cycles and the Earth's palaeorotation. *EOS*, 70, 33-41.
- Williams, G.E., 1991. Upper Proterozoic tidal rhythmites, South Australia: sedimentary features, deposition and implications for the Earth's palaeorotation. *Canadian Society Petroleum Geologists Memoir*, 16, 161-178.
- Yılmaz, İ.Ö., 1999. Taxonomic and paelogeographic approaches to the Dasyclad algae in the Upper Jurassic (Kimmeridgian)-Upper Cretaceous (Cenomanian) peritidal carbonates of the Fele (Yassibel) area (Western Taurides, Turkey). *Turkish Journal of Earth Science*, 8, 81-102.