

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORCID : - - -**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /**

**Tezin Savunma Tarihi : / /**

**Tez Danışmanı :**  
**ORCID : - - -**

**Trabzon**

## ÖNSÖZ

"Türkiye'de Yayılış Gösteren Bazı *Sphagnum* L. Taksonlarının Biyosistematik Yönden İncelenmesi" adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı'nda "Doktora Tezi" olarak hazırlanmıştır. Bu tez çalışması KTÜ FBA-2020-9175 kodlu proje aracılığı ile yapılmış olup maddi destek sağlayan KTÜ BAP Birimine teşekkür ederim. Doktora eğitimim sırasında TÜBİTAK - Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı (BİDEB) 2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı tarafından desteklendim. Bu sebeple, maddi desteklerinden dolayı TÜBİTAK - (BİDEB) 2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı Birimine teşekkür ediyorum.

Doktora tez danışmanlığımı üstlenerek Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde bulunduğum süre zarfında her daim ilgi, yardım ve desteğini üzerimde hissettiğim eğitim-öğretim hayatımda bıraktığı kıymetli izleri için sayın hocam Prof. Dr. Turan ÖZDEMİR'e teşekkürü borç bilirim. Tezin çeşitli aşamalarında desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım sayın Prof. Dr. Nevzat BATAN'a, Prof. Dr. Kenan YAZICI'ya, Doç. Dr. Kadriye İNAN BEKTAŞ'a, Doç. Dr. Çağrı BEKİRCAN'a, Doç. Dr. Onur TOSUN'a, Doç. Dr. Murat Erdem GÜZEL'e ve Dr. Öğretim Üyesi Hüseyin ERATA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Akademik hayatım boyunca maddi ve manevi her koşulda yanımda olan sevgili eşim Oğuzhan ÖZTÜRK'e, annem Zeliha ÖZEN'e ve babam Ali ÖZEN'e bana olan koşulsuz desteklerinden dolayı teşekkürü borç bilirim.

Öznur ÖZEN ÖZTÜRK  
Trabzon 2023

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora tezi olarak sunduğum "Türkiye'de Yayılış Gösteren Bazı *Sphagnum* L. Taksonlarının Biyosistematik Yönden İncelenmesi" başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Turan ÖZDEMİR'in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 18/07/2023

Öznur ÖZEN ÖZTÜRK



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

|                                                                                      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖNSÖZ.....                                                                           | III  |
| TEZ ETİK BEYANNAMESİ .....                                                           | IV   |
| İÇİNDEKİLER.....                                                                     | V    |
| ÖZET .....                                                                           | VII  |
| SUMMARY .....                                                                        | VIII |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                 | IX   |
| TABLolar DİZİNİ.....                                                                 | XV   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                                                  | XVI  |
| 1. GENEL BİLGİLER.....                                                               | 1    |
| 1.1. Giriş.....                                                                      | 1    |
| 1.2. <i>Sphagnum</i> L. Cinsinin Sistematığı .....                                   | 3    |
| 1.3. Sphagnopsida Sınıfının Kökeni ve Botanik Özellikleri .....                      | 4    |
| 1.4. <i>Sphagnum</i> L. Cinsinin Makroskopik ve Mikroskopik Özellikleri .....        | 5    |
| 1.5. <i>Sphagnum</i> L. Cinsinde Üreme.....                                          | 8    |
| 1.6. <i>Sphagnum</i> 'ların Kullanım Alanları ve Ekolojik Önemi .....                | 10   |
| 1.7. Turbalık Alanlar ve <i>Sphagnum</i> Ekolojisi .....                             | 14   |
| 1.8. <i>Sphagnum</i> L. Cinsinin Dünyadaki Genel Dağılışı ve Ülkemizdeki Durumu..... | 21   |
| 1.9. Tezde Yararlanılan Biyosistematik Veriler .....                                 | 24   |
| 1.9.1. Morfolojik Veriler .....                                                      | 25   |
| 1.9.2. Moleküler Veriler .....                                                       | 29   |
| 1.9.3. Moleküler Filogenetik Analizler .....                                         | 32   |
| 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....                                                          | 34   |
| 2.1. Çalışma Alanı .....                                                             | 34   |
| 2.2. Morfolojik Çalışmalar .....                                                     | 37   |
| 2.2.1. Örneklerin Toplanması ve Muhafazası .....                                     | 37   |
| 2.2.2. Işık Mikroskobu Çalışmaları ve Analizi .....                                  | 39   |
| 2.3. Moleküler Çalışmalar .....                                                      | 40   |
| 2.3.1. Örnekleme .....                                                               | 40   |

|          |                                                                                  |     |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.3.2.   | <i>Sphagnum</i> Örneklerinden DNA İzolasyonu.....                                | 42  |
| 2.3.3.   | PCR Çalışmaları ve Baz Sıralarının Okutulması .....                              | 42  |
| 2.3.4.   | Sekansların Hizalanması-İndellerin Kodlanması ve Filogenetik Analiz .....        | 44  |
| 3.       | BULGULAR .....                                                                   | 46  |
| 3.1.     | Morfolojik Bulgular .....                                                        | 46  |
| 3.1.1.   | Tanımlanan <i>Sphagnum</i> Cinsinin Sınıflandırılması .....                      | 46  |
| 3.1.2.   | Ülkemiz <i>Sphagnum</i> Cinsinde Yer Alan Alt Cinsler İçin Teşhis Anahtarı ..... | 47  |
| 3.1.3.   | Subgenus <i>Sphagnum</i> .....                                                   | 48  |
| 3.1.4.   | Subgenus <i>Rigida</i> .....                                                     | 56  |
| 3.1.5.   | Subgenus <i>Acutifolia</i> .....                                                 | 58  |
| 3.1.5.1. | Seksiyon (Section): <i>Squarrosa</i> .....                                       | 58  |
| 3.1.5.2. | Seksiyon (Section): <i>Acutifolia</i> .....                                      | 61  |
| 3.1.6.   | Subgenus <i>Cuspidata</i> .....                                                  | 71  |
| 3.1.7.   | Subgenus <i>Subsecunda</i> .....                                                 | 82  |
| 3.2.     | Moleküler Bulgular .....                                                         | 91  |
| 3.2.1.   | cpDNA Bölgesinin Özellikleri .....                                               | 91  |
| 3.2.2.   | Filogenetik Analiz Bulguları .....                                               | 92  |
| 4.       | TARTIŞMA .....                                                                   | 97  |
| 5.       | SONUÇLAR .....                                                                   | 107 |
| 6.       | ÖNERİLER .....                                                                   | 108 |
| 7.       | KAYNAKLAR.....                                                                   | 109 |
| 8.       | EKLER .....                                                                      | 128 |
| ÖZGEÇMİŞ |                                                                                  |     |

Doktora Tezi

## ÖZET

### TÜRKİYE'DE YAYILIŞ GÖSTEREN BAZI *SPHAGNUM* L. TAKSONLARININ BİYOSİSTEMATİK YÖNDEN İNCELENMESİ

Öznur ÖZEN ÖZTÜRK

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Turan ÖZDEMİR  
2023, 127 Sayfa, 10 Ek Sayfa

Bu çalışmada, Türkiye’de yayılış gösteren bazı *Sphagnum* L. taksonları morfolojik ve moleküler yönden ilk kez detaylı bir şekilde incelendi. KTÜ Biyoloji Bölümü herbaryumunda bulunan örneklerin incelenmesi sonucunda, *Sphagnum* cinsine ait toplamda 28 takson (tür ve varyete seviyesinde) tespit edilmiştir. Bunlardan 4 (dört) takson; *S. fallax* (H.Klinggr.) H.Klinggr. var. *isoviitae* (Flatberg) Lönnell & Hassel, *S. jensenii* H. Lindb., *S. pylaesii* Brid. ve *S. recurvum* P. Beauv. Türkiye için yeni kayıtlar olarak tespit edilmiştir. Ayrıca *S. fimbriatum* Wilson Giresun ili için yeni kayıttır. Türkiye’de yayılış gösteren tüm *Sphagnum* taksonlarının detaylı betimleri yapıldı, cins tür ve varyete düzeyinde teşhis anahtarı oluşturuldu ve yayılış alan bilgileri arttırıldı. Yapılan moleküler çalışma ile Türkiye’de bulunan *Sphagnum* cinsine ait tüm alt cinslere (*Cuspidata*, *Subsecunda*, *Rigida*, *Sphagnum* ve *Acutifolia*) ait toplam 16 *Sphagnum* taksonunun (15 farklı takson) kloroplast DNA (cpDNA) bölgesi (*trnL-F*)’nin baz sırası üretildi. *trnL-F* bölgesi için yapılan filogenetik analizler (BI, ML, MP) benzer soy ağaçları üretmiştir. Yapılan filogenetik analiz sonucunda, *trnL-F* bölgesinin *Sphagnum* cinsine ait alt cinsleri ayırmada etkili olduğu ve *Subsecunda*, *Rigida*, *Sphagnum* ve *Acutifolia* alt cinslerinin monofiletik olduğu (*Cuspidata* alt cinsi hariç) ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Türkiye, *Sphagnum*, Morfoloji, Moleküler, *trnL-F*.

PhD. Thesis

## SUMMARY

### BIOSYSTEMATIC ANALYSIS ON SOME *SPHAGNUM* L. TAXA DISTRIBUTED IN TURKEY

Öznur ÖZEN ÖZTÜRK

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Biology Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Turan ÖZDEMİR  
2023, 127 Pages, 10 Appendix Pages

In this study, some *Sphagnum* L. taxa distributed in Turkey were examined in detail for the first time in terms of morphological and molecular aspects. As a result of the examination of the samples in the herbarium of the KTU Biology Department, a total of 28 taxa belonging to the genus *Sphagnum* were determined. Of these, 4 (four) taxa; *S. fallax* (H.Klinggr.) H.Klinggr. var. *isoviitae* (Flatberg) Lönnell & Hassel, *S. jensenii* H. Lindb., *S. pylaesii* Brid. and *S. recurvum* P. Beauv. were detected as new records for Turkey. In addition, *S. fimbriatum* Wilson is new to Giresun province. Detailed descriptions were made, identification keys were created and distribution area information was increased of all *Sphagnum* taxa distributed in Turkey. With the molecular study, the base sequence of the chloroplast DNA (cpDNA) region (*trnL-F*) of a total of 16 *Sphagnum* taxa (15 different taxa) belonging to all subgenus of the *Sphagnum* genus found in Turkey was produced. Our phylogenetic analyzes (BI, ML, MP) of the *trnL-F* region produced topologically identical trees. As a result of the phylogenetic analysis, it was revealed that the *trnL-F* region is useful to distinguish the subgenera belonging to the genus *Sphagnum*, and the subgenera *Subsecunda*, *Rigida*, *Sphagnum* and *Acutifolia* (except *Cuspidata* subgenus) are monophyletic.

**Key Words:** Turkey, *Sphagnum*, Morphology, Molecular, *trnL-F*.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <u>Sayfa No</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Şekil 1. Türkiye florostik bölgeleri.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2               |
| Şekil 2. <i>Sphagnum</i> 'un morfolojik özellikleri .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 6               |
| Şekil 3. <i>Sphagnum</i> cinsi taksonlarının sporofitleri .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8               |
| Şekil 4. <i>Sphagnum</i> yosunlarında hayat döngüsü .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 9               |
| Şekil 5. Ağaçbaşı Yaylası Turbalığı'ndan turba görüntüsü .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 10              |
| Şekil 6. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde (Trabzon) <i>Sphagnum</i> 'ların oluşturduğu yüksek turbalık.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 16              |
| Şekil 7. Yüksek turbalıklar (bog) ile alçak turbalıklar (fen) arasındaki fark .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 17              |
| Şekil 8. <i>Sphagnum</i> yosunlarında gözlenen farklı renkte gametofitler .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 26              |
| Şekil 9. <i>Sphagnum</i> taksonlarının teşhisinde kullanılan bazı ayırt edici özellikler a) Fasiküllerde bulunan yayılıcı (divergent) ve sarkık (pendent) dallar ( <i>S. quinquefarium</i> ), b-c) Farklı şekillerde bulunan gövde yaprakları (b, <i>S. fimbriatum</i> ; c, <i>S. capillifolium</i> ), d-e) Farklı şekillerde bulunan yan dal yaprakları (d, <i>S. fuscum</i> ; e, <i>S. papillosum</i> ).....                               | 26              |
| Şekil 10. <i>Sphagnum palustre</i> örneğinde mevsime bağlı olarak gözlenen renk değişimi .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 26              |
| Şekil 11. <i>Sphagnum</i> cinsi taksonlarında farklı kapitulum şekilleri a) Stelat kapitulum, b) <i>S. teres</i> örneğinde görülen belirgin apikal tomurcuk, c) Yarımküre şeklinde (hemispherical) kapitulum .....                                                                                                                                                                                                                           | 27              |
| Şekil 12. Teşhis çalışmalarında mikroskopik özellikler a) Yan dal yapraklarının hücre şekilleri, porların büyüklüğü, şekli ve yeri, b) <i>S. papillosum</i> örneğinde yan dal yaprağı hiyalin hücrelerin iç komissural duvarlarında papilla yapısı, c) <i>S. centrale</i> örneğinde yan dal yaprağın enine kesitindeki fotosentetik hücrelerin şekli, d) <i>S. auriculatum</i> örneğinde gövde yaprağı hücrelerinde fibrillerin varlığı..... | 28              |
| Şekil 13. <i>Sphagnum</i> taksonlarında farklı gövde enine kesitleri a) <i>S. centrale</i> gövde enine kesiti, b) <i>S. compactum</i> gövde enine kesiti, c) <i>S. subsecundum</i> gövde enine kesiti, d) <i>S. fallax</i> var. <i>fallax</i> gövde enine kesiti.....                                                                                                                                                                        | 29              |
| Şekil 14. Briyofitlerde filogenetik çalışmalarda kullanılan kodlama ve kodlama yapmayan bölgelerin konumlarını gösteren cpDNA. IRA / IRB = ters çevrilmiş tekrarlar; SSC / LSC = küçük / büyük tek kopya bölgesi.....                                                                                                                                                                                                                        | 31              |
| Şekil 15. 5'trnL (UAA)-trnF (GAA) bölgesi.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 31              |

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 16. | Ağaçbaşı Yaylası .....                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 35 |
| Şekil 17. | Barma Yaylası Turbalığında yaygın görülen <i>S. compactum</i> örneği .....                                                                                                                                                                                                                                     | 35 |
| Şekil 18. | Vizera Yaylası turbalığında yaygın olan <i>S. palustre</i> ve <i>S. papillosum</i> .....                                                                                                                                                                                                                       | 36 |
| Şekil 19. | <i>S. papillosum</i> ; a) Gametofit, b-c) Yan dal yaprakları, d-e) Yan dal yaprağı enine kesitleri, f) Yan dal gövdesi enine kesiti, g-h) Gövde yaprakları, ı) Gövde yaprağı kenar hücreleri, i) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, j-k) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri.....                     | 51 |
| Şekil 20. | <i>S. palustre</i> ; a) Genel görünüm, b) Yan dal yaprağı, c-d) Yan dal gövdesi ve yaprağı enine kesiti, e) Gövde yaprağı, f-g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, ı) Gövde yaprağı apeks kısmı ....                                                                               | 52 |
| Şekil 21. | <i>S. centrale</i> ; a) Genel görünüm, b) Yan dal yaprağı, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d-e) Gövde yaprakları, f) Gövde enine kesiti, g) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, h) Gövde yaprağı hücreleri .....                                                                                         | 53 |
| Şekil 22. | <i>S. medium</i> ; a) Gametofit, b-c) Yan dal yaprakları, d) Yan dal yaprağı enine kesiti, e) Gövde yaprağı, f) Gövde yaprağı apeks kısmı, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, ı-i) Yan dal yaprağı konkav kısmı hücreleri .....                                                | 54 |
| Şekil 23. | <i>S. divinum</i> ; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c-d) Yan dal gövdesi ve yaprağı enine kesiti, e-f) Gövde yaprakları, g) Gövde yaprağı apeks kısmı, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, ı) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, i) Gövde yaprak hücreleri.....                                 | 55 |
| Şekil 24. | <i>S. compactum</i> ; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c-d) Yan dal yaprağı ve gövdesi enine kesiti, e-f) Gövde yaprakları, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, ı) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, i) Gövde yaprağı hücreleri .....                                    | 57 |
| Şekil 25. | <i>S. squarrosus</i> ; a) Gametofit, b-c) Yan dal yaprakları, d-e) Yan dal yaprağı ve gövdesi enine kesiti, f-g) Gövde yaprakları, h) Gövde yaprağı apeks kısmı, ı) Gövde enine kesiti, i) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, j) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri k) Gövde yaprağı hücreleri ..... | 59 |
| Şekil 26. | <i>S. teres</i> ; a) Gametofit, b) Yan dal yaprakları, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d-e) Gövde yaprakları, f) Gövde enine kesiti, g) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, h) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, ı) Gövde yaprağı apeks kısmı.....                                                 | 60 |
| Şekil 27. | <i>S. fimbriatum</i> ; a) Gametofit, b)Yan dal yaprağı, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d-e) Gövde yaprağı, f) Gövde enine kesiti, g) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, h) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, ı) Gövde yaprağı apeks hücreleri.....                                               | 63 |

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 28. | <i>S. girgensohnii</i> ; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d-e) Gövde yaprağı, f) Gövde enine kesiti, g) Yan dal yaprağı hücreleri, h) Gövde yaprağı apeks kısmı, ı) Gövde yaprağı hücreleri.....                                                                                  | 64 |
| Şekil 29. | <i>S. quinquefarium</i> ; a) Genel görünüm, b-c) Yan dal yaprağı, d) Yan dal yaprağı enine kesiti, e-f) Gövde yaprağı, g) Gövde enine kesiti, h-ı) Yan dal yaprağı hücreleri .....                                                                                                                                  | 65 |
| Şekil 30. | <i>S. capillifolium</i> ; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c-d) Yan dal yaprağı ve gövde enine kesiti, e-f) Gövde yaprağı, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, ı) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, i) Gövde yaprağının apeks (uç) kısmı, j) Gövde yaprağı hücreleri .....    | 66 |
| Şekil 31. | <i>S. fuscum</i> ; a) Genel görünüm, b-c) Yan dal yapraklar, d) Yan dal yaprağı enine kesiti, e-f) Gövde yaprağı, g) Gövde enine kesit, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, ı) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, i) Gövde yaprağı hücreleri.....                                                      | 67 |
| Şekil 32. | <i>S. subfulvum</i> ; a) Gametofit, b-c) Yan dal yaprakları, d) Yan dal yaprağı enine kesiti, e) Gövde yaprağı, f) Gövde yaprağı apeks kısmı, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, ı) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, i) Gövde yaprak hücreleri.....                          | 68 |
| Şekil 33. | <i>S. warnstorffii</i> ; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c-d) Yan dal yaprağı ve gövdesi enine kesiti, e-f) Gövde yaprağı, g) Gövde enine kesiti, h-ı) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, i) Gövde yaprağı hücreleri. ....                                                                                  | 69 |
| Şekil 34. | <i>S. rubellum</i> ; a) Genel görünüm, b) Yan dal yaprağı, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d) Yan dal gövdesi enine kesiti, e-f) Gövde yaprakları, g-h) Gövde enine kesitleri, ı) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, i) Gövde yaprağı apeks kısmı.....                                                       | 70 |
| Şekil 35. | <i>S. tenellum</i> ; a) Gametofit, b-c) Yan dal yaprakları, d-e) Yan dal yaprağı ve gövdesi enine kesiti, f-g) Gövde yaprakları, h) Gövde enine kesiti, ı) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, i) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, j) Gövde yaprak hücreleri .....                                      | 73 |
| Şekil 36. | <i>Sphagnum jensenii</i> ; a) Gametofit, b)Gövde enine kesiti, c) Yan dal gövdesi enine kesiti, d) Yan dal yaprakları, e) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, f) Gövde yaprakları, g) Gövde yaprağı apeks kısmı .....                                                                                          | 74 |
| Şekil 37. | <i>S. recurvum</i> ; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d-e) Yan dal gövdesi üzerinde retort hücreler, f-g-h) Gövde yaprakları, ı) Gövde enine kesiti, i) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, j) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, k) Gövde yaprağının apeks kısmı ..... | 76 |

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 38. | <i>S. flexuosum</i> ; a) Gametofit, b) Yan dal yaprakları, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d) Gövde yaprağı, e-f) Gövde yaprağı apeks kısımları, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzeyi, ı) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, i) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri.....                         | 78 |
| Şekil 39. | <i>S. fallax</i> var. <i>fallax</i> ; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c) Yan dal gövdesi enine kesiti, d-e) Gövde yaprağı, f) Gövde enine kesiti, g) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, h) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, ı) Gövde yaprağı apeks kısmı .....                                                  | 79 |
| Şekil 40. | <i>Sphagnum fallax</i> var. <i>isoviitae</i> ; a) Gametofit, b-e) Gövde yaprakları, c-f) Gövde yaprağı apeks kısmı, d) Gövde yaprağı apeks hücreleri, g) Gövde yaprağı orta kısım hücreleri, h-k) Gövde enine kesiti, ı) Yan dal yaprakları, i) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, j) Yan dal yaprağı enine kesiti ..... | 80 |
| Şekil 41. | <i>Sphagnum pylaesii</i> ; a) Gametofit, b) Gövde enine kesiti, c) Gövde yaprağı enine kesiti, d-f) Gövde yaprakları, e) Gövde yaprağı konveks yüzey hücreleri, g) Gövde yaprağı konkav yüzey hücreleri, h) Gövde yaprağı apeksi, ı) Gövde yaprağı apeks hücreleri.....                                                        | 84 |
| Şekil 42. | <i>S. contortum</i> ; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c-d) Yan dal yaprağı ve gövdesi enine kesiti, e) Gövde yaprağı, f) Gövde yaprağı apeks kısmı, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, ı) Gövde yaprağı hücreleri .....                                                                      | 86 |
| Şekil 43. | <i>S. platyphyllum</i> ; a) Genel görünüm, b) Yan dal yaprağı; c) Yan dal yaprağı enine kesiti; d-e) Gövde yaprakları; f) Gövde enine kesiti; g) Yan dal yaprak ortası hücreleri; h) Gövde yaprağı hücreleri .....                                                                                                             | 87 |
| Şekil 44. | <i>S. subsecundum</i> ; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d) Gövde yaprağı, e-f) Gövde enine kesiti, g) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, h-ı) Gövde yaprağı apeks kısmı ve hücreleri .....                                                                                            | 88 |
| Şekil 45. | <i>S. inundatum</i> ; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c-d) Yan dal yaprağı ve gövdesi enine kesiti, e-f) Gövde yaprağı, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, h) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, ı) Gövde yaprağı apeks hücreleri .....                                                 | 89 |
| Şekil 46. | <i>S. auriculatum</i> ; a) Gametofit, b-c) Yan dal yaprakları, d) Yan dal gövdesi enine kesiti, e) Gövde yaprağı, f) Gövde yaprağı uç kısmı, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, ı) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, i) Gövde yaprağı hücreleri.....                                     | 90 |
| Şekil 47. | <i>trnL-F</i> bölgesine dayalı BI analizi sonucu elde edilen çoğunluk kuralı uzlaşma ağacı .....                                                                                                                                                                                                                               | 94 |



## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

|           |                                                                                                                 |     |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tablo 1.  | <i>Sphagnum</i> örneklerinin toplandığı istasyonlar .....                                                       | 38  |
| Tablo 2.  | Tez kapsamında filogenetik analizi yapılan örnekler ve bilgileri.....                                           | 40  |
| Tablo 3.  | GenBanktan alınan dış grup ve bazı taksonlara ait bilgiler .....                                                | 41  |
| Tablo 4.  | Tez çalışmasında kullanılan primerlerin baz sırası ve diğer bilgileri .....                                     | 42  |
| Tablo 5.  | Tez çalışmasında kullanılan primerlerin en uygun PCR şartları .....                                             | 43  |
| Tablo 6.  | <i>trnL-F</i> bölgesinin çoğaltılmasında kullanılan kimyasallar ve miktarları ....                              | 43  |
| Tablo 7.  | Tez kapsamında çalışılan <i>Sphagnum</i> taksonlarının <i>trnL-F</i> bölgesi<br>uzunluğu ve baz içerikleri..... | 91  |
| Tablo 8.  | Filogenetik ağaçta verilen tüm üyelerin <i>trnL-F</i> bölgesinin (cpDNA)<br>yapısal özellikleri.....            | 92  |
| Tablo 9.  | Tez kapsamında morfolojik tespiti yapılan <i>Sphagnum</i> taksonlarına ait<br>genel sonuç tablosu.....          | 101 |
| Tablo 10. | Genel sonuç tablosu.....                                                                                        | 102 |

## KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

|                   |                                      |
|-------------------|--------------------------------------|
| ark.              | : Arkadaşları                        |
| bç                | : Baz Çifti                          |
| BI                | : Bayesian Çıkarım                   |
| cm                | : Santimetre                         |
| CO <sub>2</sub>   | : Karbondioksit                      |
| cpDNA             | : Kloroplast DNA                     |
| D                 | : Doğu                               |
| DMÖ               | : Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü |
| DNA               | : Deoksiribonükleik Asit             |
| dNTP              | : Deoksinükleozit trifosfat          |
| dH <sub>2</sub> O | : Distile su                         |
| GB                | : Güney Batı                         |
| GPS               | : Küresel Konumlama Sistemi          |
| ha                | : Hektar                             |
| ITS               | : İçsel Kopyalama Bölgesi            |
| K                 | : Kuzey                              |
| kbç               | : Kilo Baz Çifti                     |
| km <sup>2</sup>   | : Kilometrekare                      |
| m                 | : Metre                              |
| MgCl <sub>2</sub> | : Magnezyum klorür                   |
| ML                | : Maksimum Olasılık                  |
| mm                | : Milimetre                          |
| MP                | : Maksimum Tutumluluk                |
| MSA               | : Çoklu Dizi Hizalama                |
| mtDNA             | : Mitokondriyal DNA                  |
| n                 | : Haploit kromozom sayısı            |
| nrDNA             | : Nüklear ribozomal DNA              |
| nt                | : Nükleotid                          |
| N <sub>2</sub> O  | : Nitröz oksit                       |
| PCR               | : PCR Zincir Reaksiyonu              |

|            |                                           |
|------------|-------------------------------------------|
| RNA        | :Ribonükleik Asit                         |
| <i>Taq</i> | : <i>Thermus aquaticus</i>                |
| var.       | : Varyete                                 |
| vb.        | : ve benzeri                              |
| vd.        | : ve diğçerleri                           |
| µl         | : Mikrolitre                              |
| µm         | : Mikrometre                              |
| %          | : Yüzde                                   |
| '          | : Dakika                                  |
| "          | : Saniye                                  |
| #          | : Giresun ili için yeni kayıt olan takson |
| +          | : Türkiye için yeni kayıt olan taksonlar  |
| ±          | : Yaklaşık olarak, aşağı yukarı           |
| °          | : Derece                                  |
| <          | : Küçüktür                                |
| >          | : Büyüktür                                |
| 2n         | : Diploit kromozom sayısı                 |

## 1. GENEL BİLGİLER

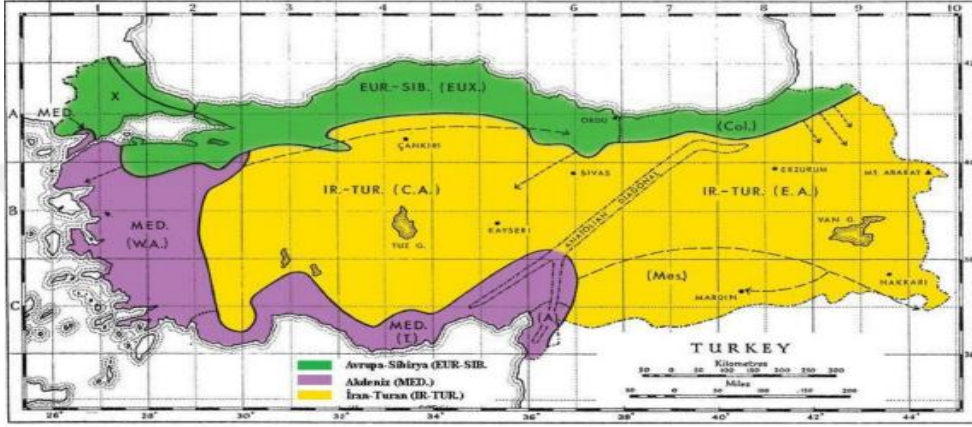
### 1.1. Giriş

Çeşitli ekosistemlerin bitki çeşitliliğine önemli ölçüde katkıda bulunan briyofitler; Bryophyta (Yapraklı Karayosunları), Marchantiophyta (Ciğerotları) ve Anthocerotophyta (Boynuzsuotlar) olmak üzere üç bölümü içeren, bitkiler aleminin ikinci büyük grubunu oluşturan ve karasal yaşama uyum sağlamış olan ilkel bitkiler olarak kabul edilen bitki grubudur. Çöllerden kutup bölgelerine kadar yayılış gösteren ve farklı ekosistemlerde bulunan, dünya üzerinde yaklaşık olarak 15000-25000 taksona (Crum, 2001) sahip olan briyofitler, ülkemizde  $\pm 1400$  taksonla ( $\pm 1128$  yapraklı karayosunu;  $\pm 255$  ciğerotları;  $\pm 5$  boynuzsuotlar) temsil edilir (Erdağ ve Kürschner, 2017; Batan vd., 2019; Ursavaş ve Keçeli, 2019; Ursavaş ve Işın, 2019; Erata ve Batan, 2020; Kürschner ve Frey, 2020; Erata vd., 2021c; Unan ve Ören, 2021; Unan vd., 2021; Ursavaş vd., 2021; Kırmacı vd., 2021; Ellis vd., 2021; Abay vd., 2022; Özenoğlu ve Kırmacı, 2022).

Türkiye'nin içinde bulunduğu Güney Batı Asya bölgesi Avrupa-Sibirya, Akdeniz, İran-Turan, Saharo-Arap ve Sudan olmak üzere beş farklı fitocoğrafik bölge içerir (Zohary, 1973). Ülke olarak düşünüldüğünde GB Asya bölgesi Afganistan, Bahreyn, Irak, İran, İsrail, Ürdün, Kuveyt, Lübnan, Umman, Suudi Arabistan, Katar, Yemen, Birleşik Arap Emirlikleri, Sina Yarımadası, Suriye, Pakistan'ın bir kısmı ve Türkiye'den oluşur (Akhani, 2007). Ülkemiz ise coğrafi olarak, Avrupa-Sibirya, İran-Turan ve Akdeniz olmak üzere üç floristik bölgeye ayrılmıştır (Davis, 1965; Zohary, 1973). Avrupa – Sibirya floristik bölgesi, Istranca dağlarından başlayarak Kuzey Marmara, Orta ve Doğu Karadeniz boyunca devam ederek Türkiye'nin tüm kuzey kesimlerini içermektedir ve bu bölge Türkiye'deki yayılışında Ordu ilindeki Melet ırmağı ile birlikte Euxine (Öksin) ve Colchis (Kolşik) olarak iki alt bölgeye ayrılmaktadır (Şekil 1).

Türkiye sahip olduğu coğrafi konumu, arazi yapısı (dağlık ve engebeli olması), ılıman iklim kuşağında bulunması, buzul dönemin Türkiye'de kısa sürmesi, son iki milyon yılda yaşanan buzul çağlarında pek çok canlı türü tarafından ülkemizin sığınak olarak kullanılması nedenleriyle biyoçeşitlilik ve dolayısıyla bitki çeşitliliği oldukça fazladır. Ülkemiz, yüzölçümü bakımından yaklaşık on üç katı büyüklüğünde olan Avrupa Kıta'sının sahip olduğu bitki türüne eşdeğer tür sayısı içermektedir. Son yıllarda dünya genelinde

biyoçeşitliliği ve dolayısıyla bitkisel zenginlikleri ortaya çıkarmak için yapılan çalışmalar büyük hız kazanmıştır. Bu bağlamda her ülke kendi biyolojik zenginliklerini ortaya çıkaracak çalışmalar yapmakta ve sahip olduğu kaynakların sürdürülebilir koruma ve kullanım dengesine büyük önem vermektedir. Ancak ülkemiz biyoçeşitliliğinde önemli bir yere sahip olan briyofitler, biyolojik zenginliğimizin önemli bir parçası olmasına rağmen gereken değer ve önemi görememektedir.



Şekil 1. Türkiye floristik bölgeleri

Avrupa ülkelerinin birçoğunda briyofit çalışmaları moleküler esaslı yöntemler kullanılarak yapılmaktadır. Türkiye’de briyofitlerle ilgili, yerli ve yabancı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar, hızla devam etmesine rağmen yapılan çalışmaların önemli kısmı sistematik, ekolojik ve floristik temellidir. Bitkilerin doğru ve bilimsel olarak tanınması için çoğu zaman morfolojik özellikler yetersiz kalmakta ve bunun yanında moleküler özelliklere de ihtiyaç duyulmaktadır.

*Sphagnum* L. taksonomik olarak problemlili bir cins olup, türler arasındaki morfolojik varyasyonlar değişik araştırmacılar tarafından farklı şekilde yorumlanmakta ve bunun sonucu olarak da taksonomik karışıklıklar ortaya çıkmaktadır. Dolayısı ile taksonomik açıdan son derece problemlili olan bu cinsin hem ülkemiz hem de dünyadaki tüm türlerinin tam olarak ortaya konulması gerekmektedir. Yapılan bu çalışmanın amaçları; Türkiye’de yayılış gösteren *Sphagnum* L. cinsine ait bazı türlerin kesin olarak belirlenmesi, varlığı kesinleşen türlerin yayılış bilgilerinin oluşturulması veya güncellenmesi, varlığı kesinleşen türlerin betimlerinin yeniden gözden geçirilip genişletilmesi ve/veya güncellenmesi, ülkemiz türlerinin mikromorfolojik özelliklerinin ortaya konulması ve türlerin bazı

moleküler özelliklerinin ortaya konulması şeklinde sıralanabilir. Bu çalışma ile ülkemizde yayılış gösteren bu cinse ait bazı taksonların morfolojik, mikromorfolojik ve moleküler veriler ışığında filogenisini ortaya koyarak biyosistematik revizyonu sayesinde önemli bir boşluk doldurulacaktır.

## 1.2. *Sphagnum* L. Cinsinin Sistematığı

Yapraklı karayosunlar (Bryophyta), 6 sınıftan (Sphagnopsida, Takakiopsida, Andreaeopsida, Polytrichopsida, Andreaebryopsida ve Bryopsida) oluşur. *Sphagnum* L. cinsi Sphagnopsida sınıfına dahildir. Sphagnopsida sınıfı dört cins içerir (Shaw vd., 2010): *Ambuchanania* (1 tür, Tazmanya'ya özgü), *Eosphagnum* (1 tür, Güney Amerika), *Flatbergium* (2 tür, Güney Çin-Yeni Kaledonya) ve *Sphagnum* (dünya çapında 300-400 tür). Filogenetik analizler, *Ambuchanania*, *Eosphagnum* ve *Flatbergium* cinslerinin *Sphagnum* soyunun bir parçası olmadığını ve önemli ölçüde *Sphagnum*'dan farklı olduğunu göstermiştir (Shaw vd., 2016; Shaw vd., 2018).

*Sphagnum* cinsinin sınırlarını çizme konusunda farklı yaklaşımlar mevcuttur. Görüşlerden birincisi cinsin seksiyonlara (sections) bölündüğünü kabul eden yaklaşımdır (Shaw ve Goffinet, 2000; Shaw vd., 2003; Shaw vd., 2004; Natcheva ve Cronberg, 2007). Önceki yıllarda Avrupa'da geleneksel yöntemle morfolojik özelliklerine göre *Sphagnum* cinsine ait taksonlar, 8 taksonomik grupta sınıflandırılmış ve seksiyon olarak adlandırılmıştır. Bu seksiyonlar; *Acutifolia*, *Cuspidata*, *Insulosa* (=Truncata), *Polyclada*, *Rigida*, *Sphagnum*, *Squarrosa* ve *Subsecunda* olarak verilmiştir (Isoviita, 1966; Nyholm, 1969; Laine vd., 2011). Bir diğer görüş ise *Sphagnum* cinsine ait olan taksonların alt cinslere ayrıldığı görüşüdür. Mitokondri ve plastid genom dizilerine dayalı olarak yapılan çalışmalar dahilinde (Shaw vd., 2016) Avrupa'da *Sphagnum* cinsi, beş ana alt cinse (subgenus) ayrılmıştır. Bu alt cinsler: *Acutifolia*, *Cuspidata*, *Rigida*, *Sphagnum* ve *Subsecunda*'dır (Shaw vd., 2016; Laine vd., 2018). Ayrıca *Acutifolia* alt cinsi *Squarrosa*, *Polyclada*, *Insulosa* ve *Acutifolia* olmak üzere dört seksiyona ayrılmıştır (Laine vd., 2018). Benzer şekilde Ayotte ve Rochefort'nin (2021) "Doğu Kanada'nın *Sphagnum* Yosunları" isimli çalışmasında da *Sphagnum* cinsine ait olan taksonlar Shaw vd.'nin (2010) yaptığı filogenetik çalışmalar ışığında altı alt cinse (*Acutifolia*, *Cuspidata*, *Rigida*, *Sphagnum*, *Squarrosa* ve *Subsecunda*) ve *Acutifolia* alt cinsi de *Acutifolia*, *Polyclada* ve *Insulosa* seksiyonlarına ayrılarak sınıflandırılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında *Sphagnum* cinsine ait olan taksonlar güncel veriler ışığında (Nibau vd., 2022; van de Koot vd., 2021) beş ana alt cinse ayrılarak verilecektir. Bunlar; *Acutifolia*, *Cuspidata*, *Rigida*, *Sphagnum* ve *Subsecunda*'dır. Ayrıca dünya genelinde *Acutifolia* alt cinsi *Squarrosa*, *Polyclada*, *Insulosa* ve *Acutifolia* olmak üzere dört seksiyona ayrılırken Türkiye'de *Acutifolia* alt cinsine ait olan *Polyclada* ve *Insulosa* seksiyonlarına ait olan taksonlar yayılış göstermediğinden *Squarrosa* ve *Acutifolia* seksiyonu şeklinde verilecektir.

*Sphagnum* L. cinsinin sistematik kategorilere göre yerleşimi aşağıdaki gibidir:

Alem: Plantae

Bölüm: Bryophyta Schimp.

Sınıf: Sphagnopsida Schimp.

Takım: Sphagnales Limpr.

Aile: Sphagnaceae Dumort.

Cins (Genus): *Sphagnum* L.

Alt cins (Subgenus): *Acutifolia*

Seksiyon (Section): *Squarrosa*

Seksiyon (Section): *Insulosa*

Seksiyon (Section): *Polyclada*

Seksiyon (Section): *Acutifolia*

Alt cins (Subgenus): *Cuspidata*

Alt cins (Subgenus): *Rigida*

Alt cins (Subgenus): *Sphagnum*

Alt cins (Subgenus): *Subsecunda*

### 1.3. Sphagnopsida Sınıfının Kökeni ve Botanik Özellikleri

Sphagnopsida, Paleozoik çağda vasküler bitkilerin kökeninden önce ortaya çıkan yosunların en erken ayrılan soylarından birini içerir (Chang ve Graham, 2011; Cox vd., 2014; Wickett vd., 2014). Spor ikilileri gibi mikrofosiller (palinomorflar) Paleozoik dönem ortalarından itibaren belgelenmiştir (Strother vd., 1996). Bunlar genellikle embriyofit kara bitkilerinin (briyofitler ve vasküler bitkiler) varlığına dair kanıt olarak yorumlanır. Karayosunlarının nispeten daha az bir fosil kaydı olmasına rağmen, Sphagnopsida Paleozoik (Permiyen) Protosphagnales'te dört cins ile temsil edilir (Neuburg, 1960; Maslova vd., 2012;

Maslova vd., 2015). Cardona-Correa vd., (2016) yakın zamanda, Ordovisyen dönemine (Wisconsin) ait kayalarda bulunan Sphagnopsida'nın tanısal morfolojik özelliklerine sahip, oldukça iyi korunmuş bir fosil tanımlamıştır. Bu fosili, bu sınıftaki dört cinsten herhangi birine atamanın mümkün olmadığını, ancak turba yosunlarının geniş anlamda eski bir grup olduğu yönündeki moleküler filogenetik çıkarımları doğrulamaktadır. Ayrıca Shaw vd., (2018)'ne göre, Ordovisyen dönemi fosili olan Sphagnopsida, günümüzde embriyofit kara bitkilerinin en eski makrofosil kanıtıdır.

Sphagnopsida, briyofitler arasından morfolojik gelişimsel özellikleri ile ayırt edici bir sınıftır ve diğer briyofitlerden ayrı bir şubede sınıflandırılmaları gerektiği savunulmuştur (Crum, 2001b). Ancak, morfolojik ve moleküler karakterlere dayanan filogenetik analizler, Sphagnopsida'nın monofiletik bir Bryophyta'nın parçası olduğunu göstermiştir (Garbary vd., 1993; Hedderson vd., 1996; Beckert vd., 1999). Sphagnopsida sınıfı dört cins içerir (Shaw vd., 2010): *Ambuchanania* (1 tür, Tazmanya'ya özgü), *Eosphagnum* (1 tür, Güney Amerika), *Flatbergium* (2 tür, Güney Çin-Yeni Kaledonya) ve *Sphagnum* (dünya çapında 300-400 takson). Filogenetik analizler, *Ambuchanania*, *Eosphagnum* ve *Flatbergium* cinslerinin *Sphagnum* soyunun bir parçası olmadığını ve önemli ölçüde *Sphagnum*'dan farklı olduğunu göstermiştir (Shaw vd., 2016; Shaw vd., 2018).

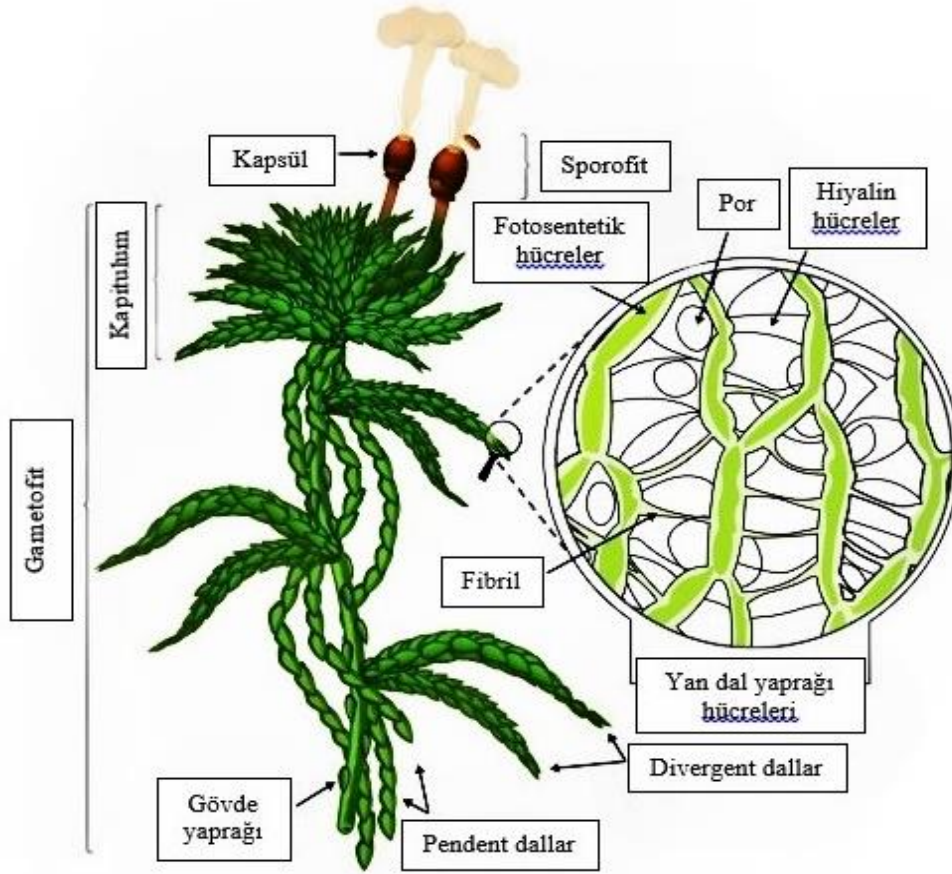
Sphagnopsida sınıfını kendine özgü morfolojik özellikleri ve özel yaşam ortamları (çoğunlukla asidik ortamlarda yayılışa sahiptirler) vardır. Sphagnopsida'da rizoidlerinin olmayışı, talloidli protonemaya sahip olması, tek tip alması fotosentetik ve hiyalin hücre dizilişlerinin hakim olması, kostanın (orta damar veya nerve) olmayışı, kapsüllerin kuru ve boşken kupa veya ayaklı vazo şeklinde olması, kapsülün açılmasının apikal açıklıktan (operkulum) patlama ile olması, peristom dişlerinin olmaması, seta yerine pseudopodiumun bulunması, genelde tek bir seferde sporların serbest bırakılması vb. özelliklerinden (Smith, 2004; Casas vd., 2006) dolayı briyofitler içinde oldukça farklı ve önemli bir konuma sahiptir.

#### 1.4. *Sphagnum* L. Cinsinin Makroskopik ve Mikroskopik Özellikleri

Sphagnopsida sınıfının en büyük cinsi ve dünya çapında toplamda 300-400 taksona sahip olan *Sphagnum*, turbalıklar açısından en önemli bitki grubunu oluşturduğu için 'turbalık yosunu' adı verilmiştir. *Sphagnum* cinsine ait olan taksonları morfolojik olarak birbirinden ayırmak zor olsa da, bu cins kapitulumu sahip olması, yan dallarının (pendent ve divergent dallar) ve gövde yaprağının bulunması, yaprak hücrelerinde por, fibril, hiyalin



hücreler ve değişik şekle sahip fotosentetik hücreleri bulundurması (Şekil 2) açısından diğer briyofitlerden kolaylıkla ayırt edilebilir.



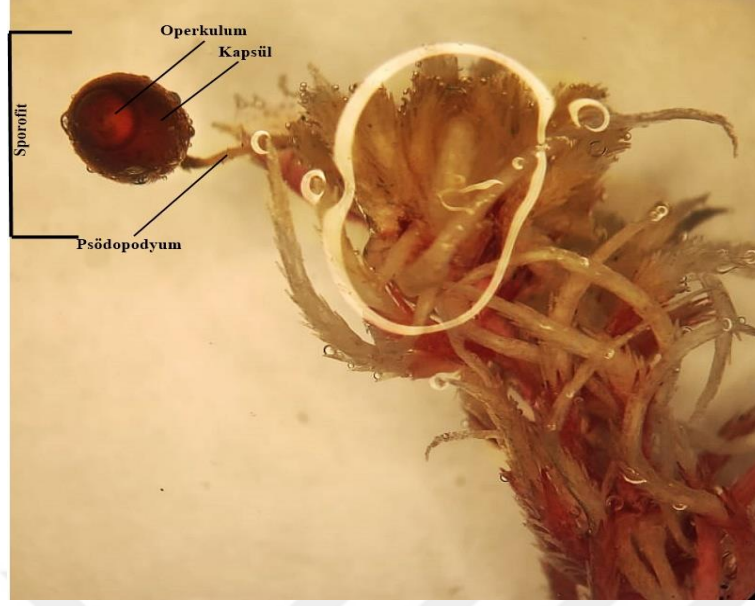
Şekil 2. *Sphagnum*'un morfolojik özellikleri (Weston vd., 2017'den değiştirilerek kullanılmıştır).

Gametofitler nispeten büyüktür ve tanımayı kolaylaştıran belirgin bir renk pigmentasyona sahiptir. Olgun gametoforlar fasikül adı verilen farklılaşmış yan dallanmaya sahiptir ve bir fasikül genelde 3-5 yan daldan oluşur (bazen daha fazla (örn. *S. cyclophyllum* Sull. & Lesq. Sull'da) veya hiç olmayabilir (örn. *S. pylaesii* Brid.)). Bir fasikülde bulunan yan dallar genellikle 2 tipte (dimorfik) olur: yayılıcı (divergent) ve sarkık (pendent) dallar. Gövde tepesinde, gelişmekte olan fasiküller, yoğun bir şekilde kümelenerek kapitulum adı verilen yapıyı oluşturur. Kapitulumun şekli ve belirginliği genellikle *Sphagnum* türlerinin teşhisinde kullanılır (Eddy, 1977; Andrus, 1980; Flatberg, 2002). Turbalık yosunlarının ana gövdeleri, kalın duvarlı, genellikle pigmentli hücrelerden oluşan silindir şeklindedir ve bu yapı gövde korteksi olarak adlandırılır. Gövde korteksi genellikle 0-1-4 katmanlı, ince

duvarlı, hyalodermal hücreler (hiyalin hücreler) tarafından çevrelenir. Hyalodermal tabakaların sayısı ve hyalodermal hücreler ile iç kısım (merkez) hücreleri arasındaki boyut farklılaşmasının derecesi *Sphagnum* cinsine ait olan alt cinsler arasında farklılık gösterebilir (Shaw vd., 2003). Örneğin; *Sphagnum* alt cinsinde bulunan taksonlarda, hyalodermal hücrelerin fibrilleri vardır. *Sphagnum* cinsi yosunların gövde enine kesiti anatomisinde görülen bu katmanlar onları diğer yosunlardan farklı kılar.

*Sphagnum* gametofitleri, bitkinin substratlara bağlanmasını sağlayan rizoid yapılarından yoksundur. Gövde ve yan dal yaprakları boyut ve şekil olarak genellikle birbirinden farklılık gösterir. Ancak her ikisi de büyük, boş ve olgunlukta ölü olan hiyalin hücrelerinin, çok daha dar bir klorofilöz hücre ağıyla çevrelendiği dimorfik yaprak hücrelerine sahiptir. İki hücre tipi arasındaki şekil ve farklılaşma derecesi değişkendir, ancak dimorfik hücrelerin varlığı turbalık yosunlarının (*Sphagnum*) ayırt edici özelliklerden biridir (Shaw vd., 2016). Hiyalin hücreler, suyu emme ve depolama görevinin yanında nitrojen sabitleyiciler, metanojenler ve çeşitli mikropları (Bragina vd., 2014) da depolayabilir (Hingley, 1993). Ayrıca, por adı verilen gözenekli yapıları ve hücre duvarı kısmında fibrilleri bulundurabilir. Fibriller çoğu taksonların gövde yaprak hiyalin hücrelerinde bulunmaz iken, yan dal yaprak hiyalin hücrelerinde bulunur (Warnstorf, 1911). Hücre duvarında bulunan bu yapılar, turbalık yosunu olarak bilinen *Sphagnum* taksonlarının karakteristik özelliklerinden biridir (Shaw vd., 2003).

*Sphagnum* cinsi taksonlarının sporofitleri (Şekil 3) bir kapsül (sporangium) ve ayaktan oluşur, sporofit yapısında bir seta (sap) yoktur ve bunun yerine psödopodyum vardır (Shaw vd., 2010a). Kapsülün açılması, peristom dişlerinin olmayışından ötürü, operkulum benzeri apikal açıklıktan iç hava basıncının artmasıyla "pop-gun" mekanizması adı verilen bir patlama ile gerçekleşir (Duckett ve diğerleri, 2009) ve sporlar genelde tek bir seferde serbest bırakılır. Diğer yosunların kapsül duvarında bulunan stomalarıyla homolog olabilen veya olmayan çok sayıda psödostoma vardır (Boudier, 1988).



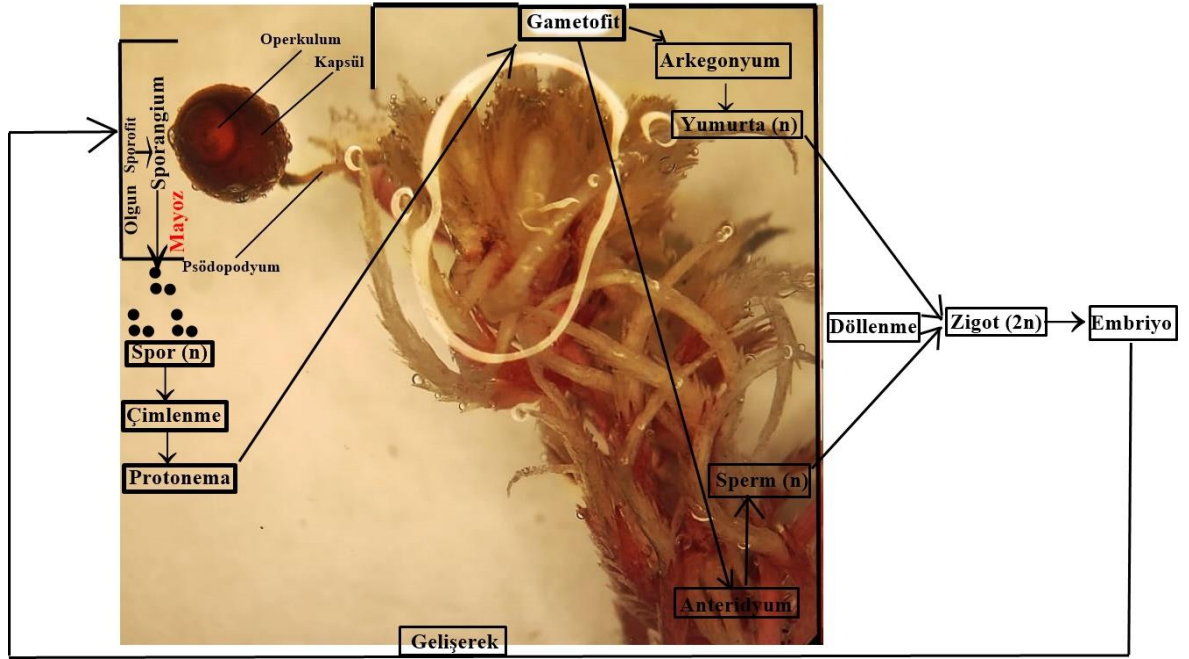
Şekil 3. *Sphagnum* cinsi taksonlarının sporofitleri

### 1.5. *Sphagnum* L. Cinsinde Üreme

*Sphagnum* yosunlarında iki çeşit üreme görülebilir: vejetatif ve eşeyli üreme. Sürgünler çok yıllık olduğu için yaygın üreme şekli vejetatif üremedir. Dal sürgünleri alt kısmın çürümesiyle ana bitkiden ayrılır ve bağımsız bitkiler oluştururlar.

Eşeyli üreme oogami şeklinde olur. Hayat döngüsü haplodiplont döş değişiminden ibarettir. Haploit ( $n$ ) gametofiti, diploit ( $2n$ ) sporofit takip etmektedir. Doğal ortamlarında göze çarpan renkli kısımları gametofittir. Gametofit üzerinde üreme organları (anteridia ve arkegonia) gelişir. *Sphagnum*'da üreme organları monoik ve dioik olabilir. Yani erkek ve dişi organlar ya aynı bitki üzerinde (monoik) ya da farklı bitkiler üzerinde (dioik) bulunur. Ancak anteridia ve arkegonia her zaman ayrı anteridyal ve arkegonyal dallarda taşınır. Anteridyumlarda üretilen erkek gametler (sperm), diğer düşük organizasyonlu bitki gruplarındaki gibi dişi gameti (yumurta) döşlemek için suya ihtiyaç duyar. Erkek gamet, yağmur suları veya üzerlerinden akan su içerisinde hareket ederek arkegonyuma kemotaksi ile ulaşır ve dişi gameti döşler. Döşlenme arkegonyum içerisinde olup, oluşan zigot mitozla embriyoyu o da gelişerek  $2n$  kromozomlu sporofiti verir. Sporofit, gametofit üzerinde meydana gelir (Porley ve Hodgetts, 2005). *Sphagnum* sporofitleri bir kapsül (sporangium) ve ayaktan oluşur, sporofit yapısında bir seta (sap) yoktur ve bunun yerine psödopodyum vardır (Shaw vd., 2010a). Sporangiumlarda oluşan spor ana hücreleri ( $2n$ ) mayoz bölünme

geçirerek sporları ( $n$ ) oluşturur. *Sphagnum* yosunlarında kapsülün açılması, peristom dişleri olmadığı için apikal açıklıktan (operkulum) patlama ile gerçekleşir ve sporlar genelde tek bir seferde serbest bırakılır. Olgun kapsüllerin hava geçirmez duvarları vardır ve kuru hava koşullarında operkulum kapaklarının içinde bir basınç oluşur ve sporlar dağılır. Nemli hava koşullarında veya kapsüller suya batık halde iken, kapsül duvarları direkt olarak parçalanır ve sporlar serbest bırakılır. Sonrasında nemli bir tabakaya düşen spor, çimlenerek küçük bir talloidli protonemayı oluşturur. Bu da gelişerek düzensiz loblu bir talloid yapı oluşturur ve sonrasında gametofiti verir (Şekil 4).



Şekil 4. *Sphagnum* yosunlarında hayat döngüsü

*Sphagnum* yosunlarında döllenme genellikle sonbahar sonu ve ilkbahar başı arasında gerçekleşir ve kapsüller türe ve bölgeye göre ilkbahardan yaz ortasına kadar olgunlaşır. Ayrıca *Sphagnum*'un olgun sporları değişken bir uyku süresine sahiptir. Sporların ne kadar süre canlı kalabildiği bilinmemekle birlikte, *S. compactum* DC. sporları oda sıcaklığında 13 aylık depolamadan sonra %15 canlılık gösterirken, *S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw. 'un bazı sporları 2°C'de 2 yıllık depolamadan sonra çimlenmiştir (Daniels ve Eddy, 1985).



### 1.6. *Sphagnum*'ların Kullanım Alanları ve Ekolojik Önemi

*Sphagnum* cinsi (bataklık veya turba yosunu), genellikle baskın veya eş-baskın bitki olarak, ılıman kuzey yarım kürede geniş arazileri kapladığı için eşsiz bir bitki durumundadır. Son derece karakteristik anatomileri olan *Sphagnum* cinsi yosunlar ekolojik ve ekonomik açıdan oldukça önemli özelliklere sahiptir. *Sphagnum* cinsi, briyofitler içerisinde insan yaşamına en fazla katılan takson olması sebebiyle son derece önemlidir.

*Sphagnum* türleri, mineral katyonlarından hidrojen iyonlarını değiştirme konusunda önemli bir kapasiteye sahiptir ve bu durum beslenme için gerekli olan minerallerin yetersiz olduğu habitatlarda avantajlı bir özelliktir. Ayrıca bu özellikleri sayesinde bazı türler, bazı kirleticilerin düşük konsantrasyonlarına bile duyarlı hale gelir. İyon değiştirme kabiliyeti nedeniyle *Sphagnum*, atık malzemelerin saflaştırılmasında yararlı olduğunu kanıtlamıştır (Belkevich vd., 1976).

*Sphagnum*'dan oluşan turba birikimi (Şekil 5), önemli miktarda organik madde ve enerji deposunu temsil eder. *Sphagnum*'un günümüzdeki en önemli kullanım alanlarından biri yakıt olarak kullanımıdır (turba) (Saxena ve Harinder, 2004).



Şekil 5. Ağaçbaşı Yaylası Turbalığı'ndan turba görüntüsü

*Sphagnum* turbaları, birçok ülkede sülfür içeriğinin düşük, ısı değerinin yüksek olması sebebiyle yakıt olarak kullanılmaktadır. 1981 yılı itibarıyla en az 50 ülkenin *Sphagnum*'ların

oluşturduğu turbayı hasat ettiği bildirilmiş ve 2000 yılı civarında, 50-60 milyon ton petrole eşdeğer kullanımın söz konusu olduğu eklenmiştir (Glime, 1998). Turba yataklarının yoğun olduğu bölgelerde, insanların kurutulmuş turbadan oluşan tezekleri yakma ve ısınma amaçlı kullandıkları bilinmektedir. Son zamanlarda turba, özellikle İsveç, Finlandiya, Almanya, İrlanda, Rusya ve Polonya gibi gelişmiş ülkelerde elektrik santrallerinde yakıt olarak kullanılmaktadır (Daniels ve Eddy, 1985). Ayrıca çok iyi emici ve geçirgen olma özelliğine sahip *Sphagnum* türleri, asit ve zehirli madde içeren ağır metalleri (Ag, Cu, Cd, Hg, Fe, Sb ve Pb) akıtmada, petrol ürünleri, renklendirici maddeler ve mikroorganizmalar ile fabrikaların atık sularını süzmede kullanılmaktadır.

*Sphagnum* yosununun kullanımına ilişkin ilk referanslar yara pansumanlarıdır. İskoçya'da bulunan Bronz Çağı'na ait bir iskelet, göğüs yarısından dolayı o bölgenin *Sphagnum* yosunu ile doldurulduğu bilinmektedir (Williams, 1982). Britanya'daki halk uzun süre *Sphagnum*'u çibanların ve akan yaraların tedavisinde (Nichols, 1918b) ve Alaska yerlileri ise, *Sphagnum*'u donyağı veya gresle karıştırarak kesikler için merhem amaçlı kullanmışlardır. Yaralı geyiklerin, yaralı uzuvları *Sphagnum* yosunu ile tedavi edildiği bilinmektedir (Bland, 1971). Kuzey Almanya'da bir bataklıkta çalışan işçi, kolundan ciddi bir şekilde yara almış ve diğer işçiler yarasını 'turbalık yosunu' adı verilen *Sphagnum* ile sardıktan on gün sonra yara bir cerrah tarafından incelendiğinde tamamen iyileşmiş olduğu gözlemlenmiştir. Bu gözlem sonucu, Almanya'da hem turbanın hem de *Sphagnum* bitkisinin özelliklerini incelemek için bir araştırma programı açılmıştır. Araştırmanın sonucu, yaraları iyileştirme özelliğinin olduğu ve kurutulmuş *Sphagnum* bitkilerinin en yüksek su emme gücüne sahip olduğu ve bu nedenle cerrahi sargılar için kullanıldığı bulunmuştur (Hotson, 1921). Kendi ağırlığının 30 katına kadar su tutabilme özelliği olan *Sphagnum* yosunları, emilen sıvıyı pamuktan çok daha iyi tutması, çabuk kirlenmemesi, pamuğa nazaran deriyi daha az tahriş etmesi ve daha az maliyetli olması sebebiyle I. Dünya Savaşı sırasında Almanlar ve İskoçlar tarafından yaralıların pansumanlarında ve tedavisinde cerrahi sargı bezi olarak kullanılmıştır (Porter, 1917; Nichols, 1918b; Fisk, 1992; Saxena ve Harinder, 2004). *Sphagnum* yosunlarından üretilen ve kimyasal olarak fenole benzeyen bir alkol olan *Sphagnol*; antiseptik etkiye sahip olmasından dolayı egzema, sedef hastalığı, kaşıntı, hemoroid, uyuz, sivilce ve diğer deri hastalıklarının tedavisinde ve böcek ısırıklarından kaynaklanan tahrişi azaltmak amacıyla kullanılmıştır (Grieve, 1974). *Sphagnum*'da bir *Penicillium* türünün varlığının bulunmasıyla iyileştirici özelliğinin olduğu açığa çıkarılmıştır (Williams, 1982). *Sphagnum* bitkisinin suda kaynatılmasıyla akut kanama ve göz

hastalıklarını iyileştirmek amacıyla tıbbi ilaç olarak kullanılmıştır (Shiu-ying, 1945). Geçmişte Amerikan yerlileri, Keşmirli, Eskimolar ve Laponyalılar bebekleri oldukça temiz, kuru ve sıcak tuttuğu için, ayrıca içerdiği antiseptik maddeler ve iyi bir emici özellikte olmasından dolayı bu bitkiyi çocuk bezi olarak kullanılmışlardır (Bland, 1971; Macdonald, 1973; Grieve, 1974).

*Sphagnum* turbası, düşük maliyetli olması, nakliyat probleminin olmaması, kullanıldığı yerin testere ile biçilmesi ve çivilenmesinin kolay olması, kolaylıkla her şekle girebilen ve tasarlanabilen bir yapı malzemesi olması sebebiyle geçmişte bina yapımında, evlerin ahşapları arasında ve gemiler için dolgu maddesi olarak kullanılmıştır (Tripp, 1874; Thieret, 1956). Günümüzde, *Sphagnum*, çizmelerin astarlanmasında, ayakkabı tabanında (Welch, 1948) oluşan nem ve kokuyu emmede kullanılmaktadır.

Son yıllarda *Sphagnum*'un başlıca kullanımı bahçecilikte olmuştur. Amerika'da *Sphagnum* yosunları iyi bir nem sağlayıcı özelliğinden dolayı 150 yıldır taze sebze ve çiçeklerin nakliyesinde, kök ve soğan vb. materyallerin depolanmasında kullanılmaktadır (Saxena ve Harinder, 2004). Benzer şekilde günümüzde de çiçekçilik sektöründe yararlanılmaktadır. Japonya dünyanın en büyük *Sphagnum* kullanıcısıdır ve Japonya'da en yaygın *Sphagnum* kullanım alanlarından biri orkide yetiştiriciliğidir. *Sphagnum* yosunları on yedinci yüzyılda, orkideler ekime başlandığından beri, bir orkide substratı olarak kullanılmıştır. Ayrıca Japon bahçelerinde yüzyıllardır estetik çekiciliği için çeşitli yosunlar kullanılmıştır. *Sphagnum palustre* Saihoji Tapınağı'nın bahçesinde yetişen ve estetik çekiciliği olduğu düşünülen briyofit türlerinden biridir (Iwatsuki ve Kodama, 1961). Açelya gibi asit seven bitkilerin toprağında, gerekli asitliği sağlaması, toprağı gevşek ve gözenekli tutması, suyun daha iyi emilmesini sağlaması ve toprağın yapısını iyileştirmesi nedeniyle gübre amaçlı *Sphagnum* kullanılır. *Sphagnum* yosunu toprağı nemli tutması ve toprağa bol miktarda hava ulaşmasını sağlaması açısından köklendirme işlemlerinde özellikle "havai köklendirme" uygulamasında kullanılır ve bitki gövdesinde açılan yara, *Sphagnum* ve toprak karışımı içerisinde hızlı ve kolay bir şekilde köklenmeye başlar. *Sphagnum*'un ev içi kullanımı ise, saksı karışımlarının bir bileşeni olarak ve iç mekan bitkilerinin toprak yüzeyi üzerinde nem tutucu bir tabaka olarak kullanımıdır (Denne, 1983).

Dünya çapında 400 milyon ha'lık alanı (bu oran karasal alanların %3'ü ve tüm sulak (nemli) alanların %40'ına karşılık gelmektedir) kaplayan turbalıklar; bataklık gibi sulak alan koşullarında yetişen bitkilerin ölü atıklarının üst üste katlar şeklinde yığılmasıyla binlerce yılda oluşmuş organik bir topraktır ve dünyadaki tüm ormanların depoladığı karbon

miktarından daha fazlasını depolamaktadır. Turbalıklar içerisinde, dünya topraklarında depolanan karbonun 1/3'ü depolanmaktadır. Turbalıklar içerisindeki karbon miktarı, atmosferdeki karbon miktarının 2/3'üne karşılık gelmektedir. Bu sayılar dikkate alındığında turbalıkların su ve karbon ekonomisi ve bununla bağlantılı olarak dünya iklimi açısından değeri anlaşılabilir (Steiner, 2005a). Dünya çapında yıllık 150-250 milyon ton CO<sub>2</sub>, turbalıklar içerisinde depolanmaktadır. Bu bakımdan turbalıklar "karbon depolayıcıları" dır (Çolak ve Günay, 2011). Turba, yüksek konsantrasyonlu bir karbon stoğudur, çünkü %30'undan fazlası (kuru kütle) ölü organik maddeden oluşmaktadır (Joosten ve Clarke, 2002) ve bu da %48-63 oranında karbon içerdiği anlamına gelmektedir (Heathwaite ve Göttlic, 1993). Bu devasa karbon stoğu (diğer ekosistemlerin sahip olmadığı) turbalıkların diğer karasal ekosistemlerin çok üzerinde karbon havuzlarına sahip olmalarına neden olmaktadır (Çolak ve Günay, 2011). Turbalıklar iklimin düzenlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Geçen 10.000 yıl içinde turbalıklar, dünyaya net bir serinleme etkisi yapan tahmini 1.2 trilyon ton CO<sub>2</sub> absorbe etmişlerdir. Turbalıklar bugün dünyadaki ormanların biyokütlesinin depoladığı atmosferik karbon miktarının 2 katını depolayarak, Dünyanın uzun vadede en geniş karasal karbon deposu durumundadırlar. Ancak son 100 yıl içinde turbalıklar üzerindeki bitki örtüsünün temizlenmesi, drenaj ve turbalıkların tahrip edilmesi bu alanları karbon depolarından, karbon emisyonu kaynakları haline getirmiştir. Kısaca, turbalıkların tahrip edilmesi durumunda "karbon depolayan turbalıklar", "karbon üreten turbalıklar" durumuna dönmektedir. Bu olay, fosil yakıtların kullanımı ve ormanların kesilmesinden kaynaklanan büyük ölçekli karbon emisyonlarıyla bir araya gelerek küresel iklim değişiminin ana nedeni olan karbondioksit ve diğer sera gazı konsantrasyonlarının küresel ölçekte belirgin olarak artmasına neden olmuştur. Ayrıca turbalıkların tahribiyle/degradasyonu (ölü turbalıklar durumuna getirilmesiyle), canlı turbalıkların metan emisyonu çok dramatik duruma getirilmiştir. Turbalıklardan tarımsal amaçlı olarak yararlanma ve bu alanların çeşitli amaçlarla drene edilmesi sonucunda CO<sub>2</sub> yanında özellikle N<sub>2</sub>O -Nitröz oksit- açığa çıkmaktadır. Bu gazın iklim üzerine etkisi CO<sub>2</sub>'den 298 kez daha yüksek ve metaninkinden 12 kat daha yüksektir ( 1 ton N<sub>2</sub>O -Nitröz oksit- 298 ton CO<sub>2</sub>'e karşılık gelmektedir) (Nabu, 2009). Tahrip olmuş turbalıklardan kaynaklanan fazla miktardaki emisyonlar nedeniyle, bu alanların yeniden sulak alan haline getirilmesi ve restore edilmesi insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının önlenmesinde en hesaplı yöntemlerden biridir. Yani turbalıkların restorasyonu sera gazlarının atmosfere salımını uzun vadede azaltmaktadır (Clymo, 2008).



### 1.7. Turbalık Alanlar ve *Sphagnum* Ekolojisi

Özellikle kuzey yarımkürenin yukarı kesimlerinde soğuk iklim, yüksek yağış, yüksek nemlilik, düşük evapotranspirasyon ve yeryüzü şekline (düz veya çanak arazi, bozuk drenaj) bağlı olarak bitki atıkları kolayca ayrışmamakta ve sonuç olarak bulundukları ıslak ortamlarda en az birkaç bin yılın yoğun bir organik madde birikimi ortaya çıkmaktadır. Yapraklı karayosunlarından yaklaşık 300-400 taksonla temsil edilen *Sphagnum* yosunları başta olmak üzere çeşitli karayosunların, Saz ve Kamış'ların (*Typha* sp., *Phragmites* sp.), Atkuyrukları (*Equisetum* sp.), Su laleleri (*Nuphar* sp.), Nilüfer (*Nymphaea* sp.), Ayakotları (*Carex* sp.), ıslak çayır otları, orman ekosistemlerinde Çam (genellikle Sarıçam-*Pinus sylvestris* L.), Söğüt (*Salix* sp.), Kızılağaç (*Alnus* sp.) ve Huş (*Betula* sp.)'ların ölü atıkları turbayı oluşturmaktadır. Kısaca turba; az veya çok suya doymuş olan ortamlarda çürümenin (ayrışmanın) tam gerçekleşmemesi nedeniyle biriken bitki ve hayvan bileşenlerinin kalıntıları olarak tanımlanmaktadır. "Torf" veya "turba" kavramının kökenine bakıldığında "turbalık" lardan çürümüş bitki kısımlarından elde edilen "yakacak" olarak bahsedildiği görülmektedir. 10. yüzyılda ise, bir Arap Seyehatnamesi'nde turba "yanabilen toprak" olarak adlandırılmıştır. Ancak yukarıda bahsedilen bu turba oluşumu çok yavaş gerçekleşmektedir. Turbanın üst katmanı canlıdır ve sistem çalışıyor ise yılda 1-2 mm kadar bir büyüme ancak olabilir. Dolayısıyla 1 metre kalınlığında bir turbanın oluşabilmesi için en az 500 yılda oluşmuş olabileceği düşünülmelidir. Turbalık terimi ise; turba oluşumlarının bulunduğu sulak alan ekosistemlerine verilen isimdir.

Rusya'nın doğu ve batı Sibiryâ düzlükleri ile Baltık Denizi doğusunda kalan alçak düzlükler ve ayrıca Kanada'nın kuzey kesimlerinde ağır drenaj bozukluklarına bağlı olarak dünyanın en geniş turbalıkları oluşmuştur. İskandinav Yarımadası ile Finlandiya'da ise, bu ve benzeri oluşumlarda düzlüklerden çok, son buzul dönemi sonrasında günümüzden yaklaşık 8000-9000 yıl önce oluşmuş ve sonra sayısız göl, gölcük ve bataklığa dönüşmüş drenaj yönünden kapalı çanak (depresyonal) alanların yaygın olması etkindir. Finlandiya'da bu şekilde oluşmuş irili ufaklı 200 bin civarında göl,gölcük vb. ıslak alan bulunmaktadır. Bu nedenle Finlandiya'ya "Göller Ülkesi" veya "Turbalıklar Ülkesi" denilmektedir.

Dünya üzerinde yaklaşık 400 milyon hektar genişliğinde turbalık bulunmaktadır. Bu açıdan Rusya 162,5 milyar tonluk turba rezervi ile başı çekmektedir. Kanada, 127 milyon ha kısmen turbalık olan sulak alana sahiptir. Finlandiya'nın turbalık alanlarının genişliği 9.3 milyon ha'dır. İsveç 9 milyon tonluk ve İrlanda 5 milyar tonluk turba rezervlerine sahiptir.

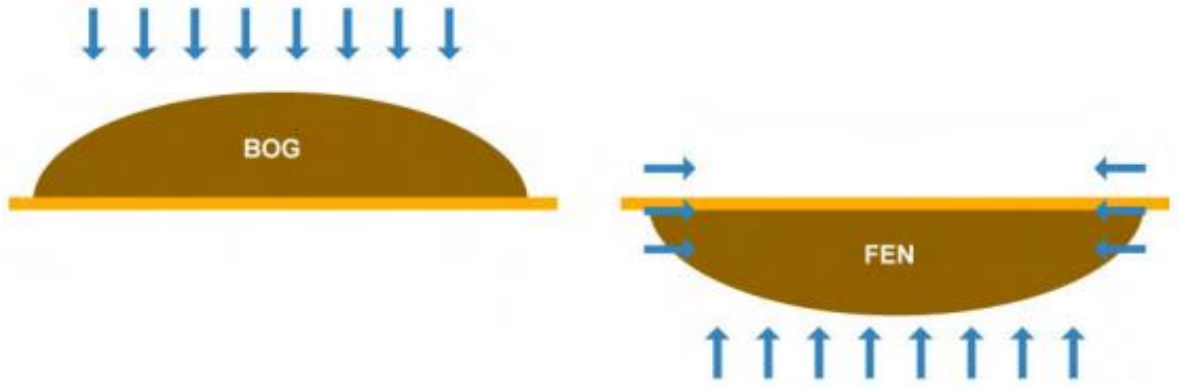
Orta Avrupa ve Baltık Ülkeleri de bu yönden zengin sayılır. Türkiye'ye gelince, ağırlıklı olarak iklim koşullarına bağlı olarak maalesef çok kısıtlı turbalıkların bulunduğu görülmektedir.

Ülkemizde turbalıkların varlığını ilk kez 1939'da H. Louis tarafından, Artvin-Ardahan-Erzurum arasında Yalnızçam Dağları (3165 metre)'ndaki yüksek platolarda *Sphagnum*'ların oluşturduğu küçük turbalıklar belirlenmiştir. Daha sonra Bursa-Uludağ'da, Sürmene-Ağaçbaşı'nda (1944-1945), Osmaniye ve Dört Yol'un Sorgun ve Çardak yaylalarında turbalık oluşumları belirlenmiştir. Türkiye'de bu yöndeki ilk inceleme ve araştırmalar Prof. Dr. Hans-Jürgen Beug tarafından Bolu-Abant ve Yeniçağa turbalıkları üzerinde yapılmıştır (1962-1967). Ardından benzer çalışmalar Sürmene-Ağaçbaşı turbalıkları üzerine gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda ise diğer çalışmalar devam etmiştir. Türkiye'de turbalıklar ve turba oluşumları; (1) Genelde doğu Karadeniz'in yağışça zengin ve dolayısıyla "ombrotrofik" karakterlerde diyebileceğimiz ve kısmen "yüksek turbalık" olarak tanımlanabilecek ve tür olarak da *Sphagnum*'ların oluşturduğu Ağaçbaşı (gömülü orman, ağaç vb. artıklar da içermektedir) (Şekil 6), Barma ve Yalnızçam turbalıkları gibi yüksek dağ (alpin) turbalıkları; (2) Bolu-Abant Gölü, Yeniçağa ve Gerede Gölleri, Amanoslar'da Sorgun Yaylası ve Uludağ turbalıkları gibi devamlı yamaç sızıntıları veya göl-gölcük çanaklarında oluşmuş az miktarda yosunlar ile ağırlıklı olarak saz ve kamışların oluşturduğu "geçiş turbalıkları" ve (3) büyük veya küçük depresyonları oluşturan eski göl yatakları ile ıslak çayır alanlarında ve göl-bataklık karakterindeki çanak arazilerde ve çevrelerinde besin maddelerince ve özellikle kireççe zengin ve yer yer de tuzlu-alkali özellik gösteren tümüyle saz ve kamış artıklarından oluşmuş "alçak turbalıklar"dan oluşmaktadır (Çolak ve Günay, 2011).



Şekil 6. Doğu Karadeniz bölgesinde (Trabzon) *Sphagnum*'ların oluşturduğu yüksek turbalık

Çok eskiden turbalıkların iki ana tipi ortaya konulmuştur. Bu ayrım başlangıçta yalnızca üzerinde bulunan bitki örtüsündeki farklılığa göre yapılmıştır: Çalıların baskın durumda olduğu "yüksek turbalık" ("Bog"-İng.-) ve Ayakotları'nın (*Carex*'lerin) baskın durumda olduğu "alçak turbalık" ("Fen"-İng.-) gibi. Daha sonra bu ikili sınıflandırma turbalıkların besin maddesi ve bazların oranına göre büyük yetiştirme ortamı farklılıklarını da yansıttığı için uzun süre turbalık sınıflandırmalarının temelini oluşturmuştur. Küresel ölçekte bakıldığında, turbalıklar özellikle tür ve canlı toplumları kompozisyonu açısından oldukça zengin biyolojik çeşitliliğe ve farklılıklara sahiptir. Ancak bunların eko-hidrolojik işleyişlerine bakıldığında pek çok ortak noktalarının olduğu görülmektedir. Bu kapsamda, çevrelerinden daha yüksekte bulunan ve esas olarak yağışlarla beslenen ve besin maddesi bakımından fakir "yüksek turbalık"lar ile arazinin çökmüş olduğu yerlerde bulunan, yağışın yanı sıra yüzey ve taban suyuyla beslenen ve besin maddesi bakımından daha zengin olan "alçak turbalık" şeklinde klasik bir ayrım bulunmaktadır (Şekil 7). Dolayısıyla yüksek turbalıklar nemli iklimlerde hakim iken, alçak turbalıklar her yerde bulunabilmektedir (Joosten ve Clarke, 2002). Turbalıklar üzerine çalışan birçok kişi "alçak turbalık" için "minerotrofik turbalıklar" (minerogenous, minerojen), "yüksek turbalık" için "ombrotrofik turbalıklar" (ombrogenous, ombrojen) terimleri kullanılmaktadır. Bu terimler daha sonra İngilizce'ye "fen" ve "bog" olarak adapte edilmiştir.



Şekil 7. Yüksek turbalıklar (bog) ile alçak turbalıklar (fen) arasındaki fark (Kahverengi boyalı kısım=turba; ok işareti (→)= su akışı yönü (Joosten, 2008)).

Ülkemizde turbalık ve turbalık benzeri oluşumlar yakın zamana kadar yaklaşık 22.000 hektar kadardı. Ancak birçok yerde tarımsal amaçlı alan kazanma, yakacak ihtiyacının olduğu kırsal kesimde "turba tezeği" elde etme ve torf/turba üretimi gibi amaçlarla 1950'li yıllardan başlayarak sulak alanların ve turbalıkların drenaj yoluyla kurutulması sonucunda birçok "canlı turbalık" (mire) (yapısı bozulmamış doğal turbalıklar) okside olmuş ve sonuçta "ölü turbalık" durumuna gelmiştir. Örneğin; Hatay-Amik Ovası turbalığı ve Kahramanmaraş-Gavur Gölü turbalığı canlı turbalık iken ölü turbalık haline gelmiştir. Ayrıca Ağrı-Doğubayazıt turbalığı gerçek turbalık olarak gösterilmesine rağmen humifikasyon sonucunda tamamen mineralize olmuş organik madde bakımından zengin topraklar olduğu için "canlı turbalık" özelliği taşımamaktadır. Bütün bunların sonucunda ülkemizdeki gerçek canlı denilebilecek turbalık miktarı yaklaşık 2500-3000 hektar kalmıştır. "Sulak alan" ("wetland"), belli bir sıklıkta ve doymuş toprak koşullarında yaşamaya adapte olmuş bitkileri desteklemek için yeterli bir süre su altında kalan veya suya doymuş hale gelen alanlardır. Sulak alanlar turba içerip içermemesine göre turbalık olabilmekte veya olmayabilmektedir. Örneğin drenaj sonucu turba birikmesinin durduğu turbalıklar canlı turbalık (mire) özelliklerini kaybederler.

Doğal turbalıkların karakteristik özellikleri; sürekli su tutmalarının yanı sıra, turba oluşumu ve karbon depolama ile yüzeyin devamlı yukarıya doğru gelişmesidir. Bu durum turbalıkta yaşayan organizmaların maruz kaldıkları ekstrem yaşam alanı koşullarını da belirlemektedir. Örneğin; organik asitler ve katyon alışverişinin neden olduğu asitlik (*Sphagnum* yosunları, kendi ürettikleri hidrojen iyonları için ender katyonları dönüştürmelerine olanak veren katyon değişimi mekanizmasına sahiptirler) (Ross, 1995; Clymo 1963; Clymo ve Hayward, 1982), ayrışma sırasında oluşan toksik organik maddelerin

varlığı (Verhoeven ve Liefveld, 1997; Salampak ve Rieley, 2000), genel olarak çevredeki mineral topraklara göre daha serin ve sert bir iklim ile daha kuvvetli sıcaklık dalgalanmaları (Joosten ve Clarke, 2002), oksijen azlığı (Hook ve Crawford, 1978), besin maddesi kıtlığı (Bu; turba birikmesi, sınırlı besin maddesi kaynağı ve kimyasal çökeltmenin sonucudur) (Burmeister, 1990). Bu ekstrem koşulların sonucu olarak doğal turbalıklar, aynı biyocoğrafik bölgede yer alan mineral topraklara kıyasla genellikle tür bakımından fakirdirler. Bu durum ılıman, boreal ve tropikal turbalıklar için geçerlidir (Rieley, 1991; Rieley vd., 1997; Page vd., 1997). Ancak turbalıkta yaşayan çok sayıda tür, turbalıkların biyolojik çeşitlilik değerinin bir göstergesi olarak yalnızca bu alanlarda özelleşmiştir ve diğer habitat tiplerinde bulunmamaktadır.

*Sphagnum* cinsi yosunlar dünya çapında bir dağılıma sahiptir ve Antarktika dışındaki her kıtada bulunmaktadır. Tropik bölgelerden kutuplara kadar neredeyse tüm habitatlarda görülebilirler ve genellikle sulak alanlara adapte olmuşlardır. Turba-lık yosunu adı verilen *Sphagnum* yosunlarının en bol olduğu bölgeler, tartışmasız, geniş turbalık alanlar oluşturdukları boreal bölgelerdir (McQueen & Andrus, 2007). Turbalıklar, Kuzey Yarımküre boreal bölgesinin devasa alanlarını kaplar ve küresel karbon döngüsünün önemli güçleridir. Bununla birlikte, *Sphagnum*, hem yüksek hem de alçak tropikal enlemler de dahil olmak üzere tüm dünyada görülür (Shaw vd., 2018). *Sphagnum*, besin açısından fakir, asidik ve suya doymun koşullarda oluşma ve daha sonra benzersiz bir şekilde gelişme konusunda olağanüstü bir yeteneğe sahiptir. *Sphagnum*'un morfolojik, fizyolojik ve yaşam öyküsü özellikleri, fonksiyonel (işlevsel) özellikler olarak adlandırılır (Jones vd., 1994) ve bu özellikler nispeten sert çevre koşulları altında birlikte bulunduğu diğer türlere karşı rekabet avantajı kazanmasını ve bu sayede gelişmesini sağlar.

*Sphagnum*, temelde sulak alan habitatında yaşayan bir cinstir, ancak taksonları bireysel olarak farklı kuruma toleranslarına sahiptir. Taksonların neredeyse tamamı, kısa süreli kuraklık dönemlerinde hayatta kalabilmektedir. Ayrıca bu dönemde kurumaya maruz kalan taksonlarda hızlı bir klorofil kaybı meydana gelmektedir. Yazın su seviyesinin azalmasına bağlı olarak uç noktaları kurur. Bu kuruma, bitkilerin kışın zor şartlara dayanabilmeleri açısından oldukça önemlidir. Çünkü taban suyunun donmasıyla birlikte uçta kalan kısımlarda fotosentez aktivitesi azalmaya başlar. Bu nedenle fotosentetik aktivite ve gelişim ayları her taksonda farklı olur. Daha düşük rakımlarda yaşayan *S. cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm. ve *S. auriculatum* Schimp. türleri 10-12 ay büyümelerine devam ederken, *S.*

*papillosum* Lindb, *S. magellanicum* ve *S. nemourem* (Ehrh.) Hedw. gibi daha yüksek rakımlara adapte olmuş taksonlar ise 5-7 ay büyüebilmektedir (Hulme ve Blyth, 1982).

Ayrıca *Sphagnum* yosunlarının büyümeleri su seviyesine göre de değişir. Özellikle submers (suya batık) taksonlarda büyüme su seviyesi ile uyumludur ve bitki ucu genellikle su seviyesindedir. Bazı taksonlarda büyüme su dışında da devam eder ve su seviyesinden 1 m yüksekliğe kadar ulaşabilen ve hummock (hummock) adı verilen tipik tümsekler oluştururlar. Daha sonra bu tümseklere yeterli su taşınmayacağından çökmeler meydana gelir. Bir tümsek çökerken diğeri yükselir. Hummock oluşturan türler, su seviyesinin > 30 cm yukarısında, çok sayıda, küçük ve birbirine yakın yapraklara sahiptir. Yayılıcı (divergent) dallar, suyun yanal hareketine izin verirken, gövdeye yakın yerleşimli sarkık (pendent) dallar ise dikey su taşıma sistemini oluşturur. Sonuç olarak, hummock oluşturan *Sphagnum* taksonları nemi filtreleyebilir ve kuraklık sırasında bile metabolik aktiviteyi sürdürebilir (Rice & Giles, 1996). *Sphagnum*'un suyu depolama ve taşıma yeteneği, büyük ölçüde üç farklı morfolojik adaptasyonla kontrol edilir: dallanma şekli, yaprak boyutu ve dallar üzerindeki düzenleme ve hiyalin hücreler (Rydin & Jeglum, 2013). Bu özellikler, türler arasında önemli ölçüde farklılık gösterir. Ama tüm türlerde yapraklardaki ölü hiyalin hücreleri ve gövde ve yan dalların dış korteksi suyu depolama görevi görür. Yaprakların morfolojik yapısı ve sarkık (pendent) dalların varlığı, bitkilerin büyük miktarlarda suyu emmesini ve tutmasını sağlar, böylece nem azaldığında veya su seviyeleri düştüğünde hızlı kurumayı önlemeye yardımcı olur. Ölü hiyalin hücreler suyu depolamasının yanı sıra, bitkinin gereksiz su kaybından korunmasında rol oynamaktadır. Bu hücrelerin varlığı, yaprağın kısmi kuruma sırasında beyazımsı hale gelmesine neden olur, bu da ısı ve ışığın yansıtıcılığını artırarak, ışıma enerjisinin emilimini azaltır ve dolayısıyla buharlaşmayı azaltır (Daniels ve Eddy, 1985).

Hidroloji, türlerin dağılımlarının belirlenmesinde önemli bir faktördür ve 3 grupta incelenebilir. İlk grup; üyeleri, taksonomik olarak yakından ilişkili olmayan bir gruptur ve nispeten kurak habitatlarda bulunur. İkinci grup; yüksek su kapasitesine sahip habitatlarda bulunur. Üçüncü grup ise (ilk iki grubun üyeleriyle hiçbir zaman aynı habitatları paylaşmayan) orta dereceli su durumunda büyüyen taksonları içerisinde barındırır. Turbalıklarda genel su seviyesine göre *Sphagnum* taksonlarının dağılımı, büyük ölçüde kuraklık toleransı konusundaki farklı yeteneklerinin bir yansımasıdır.

*Sphagnum* taksonlarının dağılımına etki eden diğer bir faktör ise; turbanın kimyasal durumu ve içerdiği su miktarıdır. Özellikle asitlik derecesi ve çözünmüş iyon miktarı

oldukça önemli ve birbirini tamamlayıcı niteliktedir. Asitlikteki artış normal bitkiler için mevcut olan mineral besinlerin, özellikle de kalsiyumun azalmasına neden olur. "Ötrofik", "mezotrofik" ve "oligotrofik" terimleri, nötre yakın reaksiyonlu (ötrofik) besin açısından zengin sular ile asit reaksiyonlu besin açısından fakir sular arasındaki aralığın farklı kısımlarını tanımlamak için sıklıkla kullanılır (oligotrofik). Mezotrofik sular bu noktalar arasında orta düzeydedir.

**Ötrofik Habitatlar:** Nötre yakın ve besleyiciler bakımından zengin suları ifade etmek için kullanılır. *Sphagnum*'lar, kuzey ılıman turbalıkların neredeyse tamamında bulunmasına ve bazı türlerin Kuzey Kutbu'na kadar uzanmasına rağmen, güçlü ötrofik habitatlarda nadir bulunurlar. Ötrofik bölgelerde, *Mnium* Hedw., *Philonotis* Brid., *Campylium* (Sull.) Mitt., *Cratoneuron* (Sull.) Spruce ve *Drepanocladus* (Müll.Hal.) G.Roth cinsine ait taksonlar daha çok bulunma eğilimindedir. *S. contortum* ve *S. squarrosum*, bu habitatlarda ortaya çıkan birkaç *Sphagnum* türü arasındadır. Daha kuzeyde bir dağılıma sahip olan *S. centrale*, benzer habitatlarda bulunur.

**Mezotrofik Habitatlar:** Bu iki ekstrem koşulun arasında olan ve besleyiciler bakımından orta düzeyde olan habitatları tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Oldukça kuru mezofitik alanlarda, hatta bataklıklardaki (fen) *Sphagnum* yosunları tarafından oluşturulan hummoklarda, yamaçlarda veya ormanlık alanlarda cinse ait taksonlar gevşek yığınlar veya küçük halılar şeklinde bulunabilirler.

**Oligotrofik Habitatlar:** Besleyiciler bakımından fakir nispeten asit karakterli suları ifade eden bir terimdir. Her ne kadar bazı türler geniş yayılışa sahip olsalar da, oligotrofik habitatlarda çok ıslak alanlar, havuzlar ve havuz kenarları ve daha kuru tepecikler arasındaki fark, bu mikro-habitatlarda bulunan *Sphagnum* cinsine ait taksonlar ile kendini belli etmektedir. Birkaç tür orta – aşırı oligotrofik havuzlarda suya batık olarak bulunur.

Ötrofi veya oligotrofinin derecesi veya su seviyesi *Sphagnum* taksonlarının dağılımında önemli bir faktör olmasına rağmen sadece habitat durumuna göre değerlendirmek yetersiz kalır.

### 1.8. *Sphagnum* L. Cinsinin Dünyadaki Genel Dağılışı ve Ülkemizdeki Durumu

*Sphagnum* turba yosunları neredeyse tüm kıtalarda, özellikle Güney Amerika'nın kuzeyinde, Kuzey Amerikada, doğu ve kuzey-doğu Asya'da ve Avrupa'da görülür. *Sphagnum* dünya çapında bir dağılıma sahiptir ve Antarktika dışındaki her kıtada temsil edilmektedir (McQueen & Andrus, 2007). Dünya çapındaki toplam *Sphagnum* cinsine ait takson sayısının 300 ile 400 arasında olduğu tahmin edilmektedir (Eddy, 1979; Shaw, 2000; Shaw vd., 2003a). Avrupa'da ise *Sphagnum* takson sayısı  $\pm 60$ 'tır (Laine vd., 2018). Bunun sebebi; gametofitin farklı ekstrem çevre koşullarında yapısal değişiklikler göstermesidir. Bu yüzden birçok araştırmacı bu modifikasyonları yeni tür olarak tanımlamışlardır. Bu da tanımlanan tür sayısının artışına sebep olmuştur.

Türkiye'de ise 2023 yılına kadar bu sayı son çalışmalarla birlikte 27'e yükselmişti. (Özdemir ve Çetin, 1999; Abay vd., 2009; Tonguç-Yayıntaş, 2013; Kırmacı ve Kürschner, 2013; Abay ve Keçeli, 2014; Özdemir ve Batan, 2016; Kırmacı ve Kürscher, 2017; Ören vd., 2017; Abay, 2017; Erata ve Batan, 2019; Kırmacı vd., 2019; Kürscher vd., 2019; Ellis vd., 2019a; Ellis vd., 2019b; Ellis vd., 2021; Erata vd., 2021). Bu taksonlardan 26'sı (*Sphagnum angustifolium* (Warnst.) CEO Jensen, *S. auriculatum* Schimp., *S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw., *S. centrale* CEO Jensen, *S. compactum* Lam. & DC., *S. contortum* KFSchultz, *S. cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm., *S. divinum* Flatberg & Hassel, *S. fallax* (H.Klinggr.) H.Klinggr. var. *fallax*, *S. fimbriatum* Wilson, *S. fuscum* (Schimp.) H.Klinggr., *S. girgensohnii* Russow, *S. inundatum* Russow, *S. medium* Limpr. *S. molle* Sull., *S. palustre* L., *S. papillosum* Lindb., *S. platyphyllum* (Lindb. ex Braithw.) Warnst., *S. rubellum* Wilson, *S. squarrosum* Crome, *S. subfulvum* Sjörs, *S. subsecundum* Nees, *S. tenellum* (Brid.) Brid., *S. teres* (Schimp.) Ångstr., *S. warnstorffii* Russow, *S. quinquefarium* (Braithw.) Warnst) Türkiye'nin doğu Karadeniz bölgesinde yayılış göstermektedir (Schiffner, 1896; Handel-Mazzetti, 1909 ; Robinson ve Godfrey, 1960; Henderson, 1961; Davis vd., 1966; Henderson ve Prentice, 1969; Byfield ve Özhatay, 1997; Özdemir ve Çetin, 1999; Payne vd., 2007; Abay vd., 2009, 2016; Özdemir, 2009; Kırmacı ve Kürschner, 2013; Abay ve Keçeli, 2014; Özdemir ve Batan, 2016 ; Kırmacı vd., 2019; Ellis vd., 2019a; Ellis vd., 2019b; Ellis vd., 2021; Erata vd., 2021). 2023 yılında Özen-Öztürk vd., tarafından bu tez kapsamı dahilinde verilen 3 *Sphagnum* taksonu ile beraber Türkiye'de yayılış gösteren *Sphagnum* cinsine ait takson sayısı (tür ve varyete) 30'a yükselmiştir. Yine bu tez çalışması kapsamında yapılan



detaylı araştırma ve inceleme sonucunda Türkiye'deki *Sphagnum* cinsine ait takson sayısının *S. recurvum* P. Beauv. yeni kaydı ile 31'e yükselmiştir.

Literatür verilerine göre; Türkiye'den verilen *Sphagnum* cinsine ait ilk takson kaydı Schifner tarafından (1896) Gümüşhane (Karaveli Dağı)'den toplanmış olan *Sphagnum compactum* var. *brachycladum*'dur. Bu takson *Sphagnum compactum* Lam. & DC. var. *subsquarrosus* Warnst.'a sinonim olmuştur. Sonrasında cinse ait en fazla taksonun verildiği çalışma olan Handel-Mazetti (1909) tarafından birçok briyofit kaydıyla birlikte *Sphagnum* cinsine ait 5 takson; *Sphagnum compactum*, *Sphagnum subsecundum* var. *obesum*, *Sphagnum warnstorffii* (Trabzon/Ezeli), *Sphagnum capillifolium* ve *Sphagnum girgensohnii* (Trabzon Kızılali Yayla) kaydı verilmiştir. Ancak lokalite bilgilerinde bazı düzeltmeler yapılmıştır. Son iki taksonun kaydının verildiği Kızılali Yaylası Trabzon'a ait olmayıp, Trabzon sınırında Gümüşhane, Kürtün, Taşlıca köyüne ait olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Yine Trabzon'a ait olduğu yazılan Ezeli bölgesinin ise, Giresun'da bulunan eski bir madenin ismi olduğu anlaşılmıştır. O dönemde Giresun'un Trabzon'un bir kazası olması dolayısıyla literatüre bu şekilde geçmiştir. Ayrıca *Sphagnum subsecundum* var. *obesum* (Wilson) Schimp. ve *S. compactum* Lam. & DC. var. *subsquarrosus* Warnst. tek lokaliteden bilinmektedir (Henderson ve Prentice, 1969). Bu iki taksondan ilkinin Avrupalı araştırmacılarca taksonomik değeri olmadığı düşünülmektedir (Kürschner ve Frey, 2011). Bu çalışmadan yaklaşık 50 yıl sonra (1960 yılında) Robinson ve Godfrey tarafından ülkemizin Trabzon'a bağlı Of ilçesinden *Sphagnum palustre* taksonunun kaydı verilmiştir. Bu çalışmadan bir yıl sonra (1961) Henderson, *S. squarrosus* ve *S. teres*'i Artvin, Murgul-Tiryal Dağı'ndan toplayarak kayda geçirmiştir. *S. subsecundum* Nees 1966 yılında ülkemizin çiçekli bitkiler florasını yazan Davis ve ark. tarafından Artvin (Hopa, Arhavi)'den rapor edilmiştir (Davis vd., 1966). Daha sonra bu takson *S. platyphyllum* (Lindb. ex Braithw.) Warnst. ile birlikte Walter (1967) ve Çetin (1999) tarafından Bursa Uludağ'dan kayıt edilmiştir. 1988 yılında Çetin tarafından hazırlanan Türkiye karayosunları listesinde, *S. angstroemii* C.Hartm, *S. angustifolium* (C.E.O.Jensen ex Russow) C.E.O.Jense, ve *S. lescurii*'nin toplama lokaliteleri belirtilmeden verilmiştir. Bu taksonlardan ilki, HBG herbaryumunda tutulan K. Walther'in kayıtlarına dayanmaktadır ve Daniels ve Eddy (1985)'ye göre Kuzey Kutup bölgesinde bulunan (nadiren bu bölgenin güneyinde görülebilir) bir taksondur. Dolayısıyla Türkiye'de bulunması muhtemel değildir. İkinci takson yine K.Walther'in HBG herbaryumunda sakladığı bir koleksiyona dayanır ve kıtasal dağılım eğilimine rağmen bu taksonun da ülkemizde yayılışına şüphe ile bakılmıştır. Ancak

*S. angustifolium* 2019 yılında Kırmacı vd. tarafından Artvin-Sazak, Artvin-Kabaca-Petek ve Trabzon-Yılanlıtaş Yaylası'ndan toplanarak kayda geçirilmiştir. Son olarak arktik-alpin yayılışa sahip *S. lescurii* (Wilson) Schimp. nin *S. auriculatum* Schimp. ile karıştırılmış olma ihtimalinden dolayı ülkemiz briyoflorasında yayılışına şüphe ile bakılmaktadır (Kürschner ve Frey, 2011; Kürschner ve Frey, 2020). Shaw vd.'e göre (2008) *S. lescurii*, Corley vd. (1981) ve Smith (2004) tarafından yanlışlıkla Avrupa'da yayılışa sahip *S. denticulatum*'a sinonim edilmiş, belirgin bir şekilde Kuzey Amerika'da yayılışa sahip olsan taksondur. Ignatov ve Afonina (1992) ile Frey ve ark. (2006) göre bu tür, *S. denticulatum* veya *S. auriculatum* ile konspesifik değildir. Bu çalışmaların ardından 1997 yılında Byfield ve Özhatay tarafından Trabzon Ağaçbaşı yaylasından, 1999 yılında Özdemir ve Çetin tarafından Trabzon Sürmene'den *S. palustre* taksonunun kaydı verilmiştir. Kaz Dağları'ndan Gemici ve arkadaşları tarafından (Gemici vd., 1998) toplanan ve *S. turiere* olarak kaydı verilen taksonun bilimsel ismi yanlıştır. Dünya *Sphagnum*ları arasında bu isme rastlanmamıştır. Trabzon-Ağaçbaşı Yaylası'ndan Payne ve arkadaşları tarafından *S. palustre* ve *S. fuscum* (Schimp.) H.Klinggr'un kaydı verilmiştir. Ancak bu taksonlardan ikincisi Türkiye için yeni kayıt olmasına rağmen bu çalışmada belirtilmemiştir. Aynı yıl (1997) aynı alanda Byfield ve Özhatay tarafından Doğal Hayatı Koruma Derneği adına gerçekleştirilen alan değerlendirme raporunda kim tarafından teşhis edildiği belirtilmeden *S. fuscum* ismine yer verilmiştir. Abay ve arkadaşları tarafından Rize-Kaçkar Dağları'nda yapılan floristik bir çalışmada cinse ait 4 takson; *S. centrale*, *S. compactum*, *S. platyphyllum* ve *S. subsecundum* kaydı verilmiştir. Bunlardan ilki Türkiye'den ilk kez toplanmıştır. 2013 yılında Kırmacı ve Kürschner tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada Türkiye ve Güneybatı Asya için yeni olan 4 takson kaydı verilmiştir: *S. contortum*, *S. fallax*, *S. magellanicum* ve *S. rubellum*. Ancak yapılan son çalışmalarda *Sphagnum magellanicum*'un Güney Amerika ile sınırlı olduğu ve tüm Avrupa kayıtlarının *S. medium* Limpr'a ait olduğunu belirtilmiştir (Hassel vd., 2018). 2011 yılında Çolak ve Günay tarafından Türkiye'nin önemli iki turbalığı olan Ağaçbaşı ve Barma Yaylası turbalıklarına geniş yer verildiği kapsamlı iki çalışma yapılmıştır. 2013 yılında *S. fimbriatum* Wilson, Tonguç-Yayıntaş tarafından Çanakkale'ye bağlı Çan ilçesinde bulunan Ciğer gölünden Türkiye için yeni kayıt olarak verilmiştir. Abay ve Keçeli tarafından 2014 yılında Rize-Fındıklı ilçesinden toplanan *S. molle* Sull'nin ülkemiz için kaydı verilmiştir. 2017 yılında cinse ait iki yeni kayıt daha ülke floramıza eklenmiştir. Bunlardan biri, Artvin Zologora Yayla'dan toplanan *S. tenellum* (Brid.) Brid. (Kırmacı ve Kürschner, 2017), diğeri ise Sakarya Samanlı dağlarından toplanan *S. flexuosum*

Dozy & Molk.'dur (Ören vd. 2017). Yine 2019 yılında *Sphagnum* cinsine ait üç takson yeni kayıt olarak ülkemiz florasında yerini almıştır. İlki, Erata ve Batan tarafından Giresun-Görece ilçesine bağlı Sis Dağı'ndan toplanan *S. quinquefarium*'dur. İkincisi, Kırmacı ve Kürschner tarafından 2013 yılında *S. magellanicum* Brid. olarak yeni kaydı verilen ancak Hassel vd. (2018)'e göre *S. magellanicum*'un Güney Amerika ile sınırlı olduğu ve tüm Avrupa kayıtlarının *S. medium* Limpr'e ait olduğu bilgisine ulaşılmamasının ardından 2019 yılında Kürschner vd. tarafından bu örnek için düzeltme verilerek, 2013 yılında Trabzon-Ağaçbaşı Yaylası'ndan toplanan ve *S. magellanicum* olarak yeni kaydı verilen örneğin *S. medium* olduğu belirtilerek ülkemiz florasına kazandırmışlardır. Üçüncüsü ise yine 2013 yılında Kırmacı ve Kürschner tarafından *S. magellanicum* Brid. olarak yeni kayıt verilmiş ancak bu örnek 2019 yılında Kürschner vd. tarafından düzeltme verilerek *S. divinum* olduğu anlaşılmasının ardından ülkemiz florasında yeni kayıt olarak yerini almıştır. 2019 yılında Kırmacı vd. tarafından Trabzon-Ağaçbaşı Yaylası ve Trabzon-Barma Yaylası'ndan *S. subfulvum* Sjörs kaydı verilmiştir. Ancak Türkiye için yeni kayıt olmasına rağmen bu çalışmada belirtilmemiştir. 2021 yılında Kırmacı vd. tarafından Giresun ili Kürtün ilçesi Kızılali Yayla ve İnçayırı'ndan toplanmış olan *Sphagnum cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm. taksonunun yeni kaydı verilmiştir. Aynı yıl içerisinde Erata vd. tarafından *Sphagnum fimbriatum* Wilson ve *Sphagnum papillosum* Lindb. taksonlarının Rize ilinden ikinci kayıt olduğu verilmiştir. 2023 yılında tez kapsamı dahilinde Özen-Öztürk vd., tarafından *Subsecunda* alt cinsine ait *S. pylaesii*, *Cuspidata* alt cinsine ait *S. jensenii* H. Lindb. ve *S. fallax* var. *isoviitae* (Flatberg) Lönnell & Hassel taksonları Türkiye Briyofit Florası için yeni kayıtlar olarak verilmiştir.

### 1.9. Tezde Yararlanılan Biyosistematiik Veriler

Doğadaki canlıların benzerlik, farklılık ve akrabalık derecelerine göre isimlendirilmesi ve sınıflandırılması bilim dalına sistematik adı verilir. Günümüz çağında gelişen teknoloji ile birlikte bitkileri sistematik olarak sınıflandırmak ve tanımak çok önemli bir hale gelmiştir. Bitkilerin doğru ve bilimsel olarak tanınması için çoğu zaman morfolojik özellikler yetersiz kalmakta ve bunun yanında moleküler özelliklere de ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda sistematikçiler, bitkileri daha güvenilir bir şekilde sınıflandırmak için morfolojik verilerin yanında moleküler ve filogenetik verilerden de faydalanmaktadır (Buck vd., 2000; Cox vd., 2000; De-Luna vd., 2000; Goffinet, 2000;

Goffinet ve Cox, 2000; LaFarge vd., 2000; Newton vd., 2000; Shaw, 2000a; Shaw, 2000b; Shaw ve Goffinet, 2000; Goffinet vd., 2001; Krellwitz vd., 2001; Stech ve Frey, 2001; Tsubota vd., 2001b; Cronberg ve Natcheva, 2002; Vanderpoorten vd., 2002a; Vanderpoorten vd., 2002b; Shaw vd., 2003a; Shaw vd., 2003b; Shaw vd., 2003; Stech vd., 2003; Cox vd., 2004; Feldberg vd., 2004; Goffinet ve Buck, 2004; Hedderson vd., 2004; Heinrichs vd., 2004; Huttunen ve Ignatov, 2004; Hyvönen vd., 2004; Shaw vd., 2004; Vanderpoorten vd., 2004; Werner ve Guerra, 2004; Werner vd., 2004; Goffinet vd., 2005; Heinrichs vd., 2005; Shaw vd., 2005; Shaw ve Cox, 2005; Werner vd., 2005; Budke ve Goffinet, 2006; Flatberg vd., 2006; Vanderpoorten ve Goffinet, 2006; Draper vd., 2007; Grundmann vd., 2006; Natcheva ve Cronberg, 2007; Renzaglia vd., 2007; Shaw vd., 2008; Heinrichs vd., 2009; Hentschel vd., 2009; Olsson vd., 2009a; Olsson vd., 2009b; Wang vd., 2009; Cox vd., 2010; Shaw vd., 2010a; Shaw vd., 2010b; Vanderpoorten ve Shaw, 2010; Wahrmund vd., 2010; Chang ve Graham, 2011; Shaw vd., 2012; Stech vd., 2012; Shaw vd., 2014a; Shaw vd., 2014b; Shaw vd., 2015; Shaw vd., 2016; Limpens vd., 2017; Pandey vd., 2018). Bu tez çalışması kapsamında morfolojik verilerin yanında moleküler ve filogenetik analiz verileri kullanılmıştır.

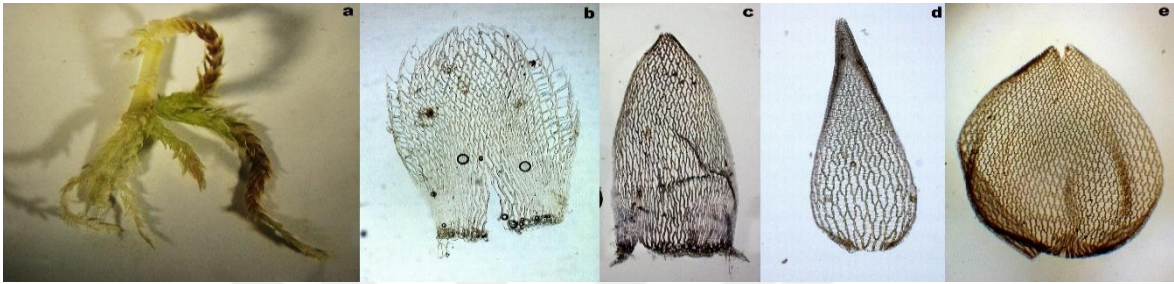
### 1.9.1. Morfolojik Veriler

*Sphagnum* cinsi yosunlar geçmişten günümüze kadar morfolojik verilere dayalı olarak anahtar karakterleri kullanmak suretiyle klasik yöntemle teşhis edilmiştir. Türkiye için henüz yazılı bir Türkiye Briyofit Florası olmadığından, *Sphagnum* tür taksonları için genelde ilgili flora kitaplarından (Watson, 1981; Smith, 1980, 2004; Atherton vd., 2010), Avrupa *Sphagnum* Yosunları (Daniels ve Eddy, 1985; Laine vd., 2018) ve Doğu Kanada'nın *Sphagnum* Yosunları (Ayotte ve Rochefort, 2021)) ve revizyonel çalışmalardan makroskobik ve mikroskobik özelliklerinin yer aldığı resimler ve fotoğraflardan yararlanılarak teşhisleri yapılmaktadır.

Morfolojik verilerden yararlanılarak yapılan teşhis çalışmalarında makroskobik özellikler; gametofit rengi (Şekil 8), kapitulum şekli, fasiküllerde bulunan yayılıcı (divergent) ve sarkık (pendent) dalların sayısı, gövde ve yan dal yapraklarının boyutu ve şekli gibi özellikler ayırt edici karakterlerdir (Şekil 9).



Şekil 8. *Sphagnum* yosunlarında gözlenen farklı renkte gametofitler



Şekil 9. *Sphagnum* taksonlarının teşhisinde kullanılan bazı ayırt edici özellikler a) Fasiküllerde bulunan yayılıcı (divergent) ve sarkık (pendent) dallar (*S. quinquefarium*), b-c) Farklı şekillerde bulunan gövde yaprakları (b, *S. fimbriatum*; c, *S. capillifolium*), d-e) Farklı şekillerde bulunan yan dal yaprakları (d, *S. fuscum*; e, *S. papillosum*)

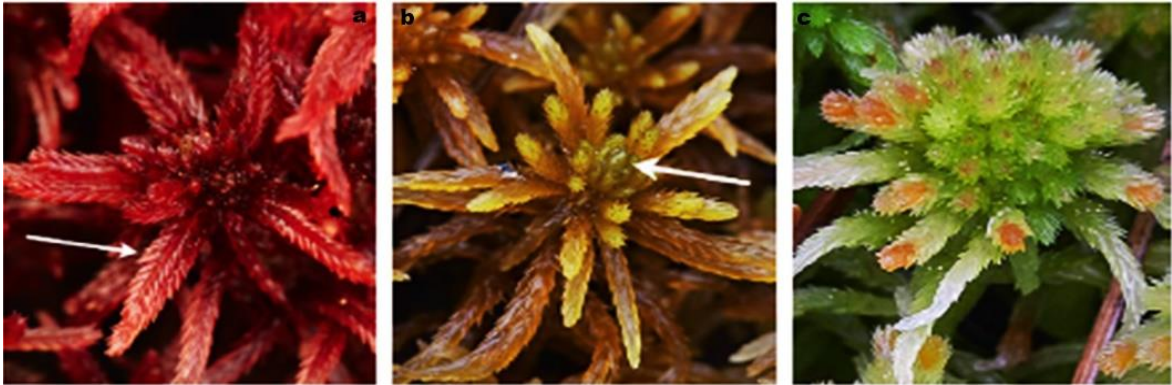
Gametofit renklenmesinde kırmızımsı, pembemsi, kahverengimsi, yeşilimsi vb. tonlar görülmektedir. Yosun rengi aranacak bariz bir özelliktir, ancak her zaman çok güvenilir değildir. *Sphagnum* yosunlarının renkleri genellikle, habitatın ışık durumuna bağlı olarak, antosiyanid veya flovonoid maddelerle belirlenir. Bu maddelerin miktarları büyüme mevsiminin sonuna doğru artmaktadır ve sonuç olarak yosunlar sonbaharda daha kırmızı veya daha kahverengi görünür (Şekil 10).



Şekil 10. *S. palustre* örneğinde mevsime bağlı olarak gözlenen renk değişimi



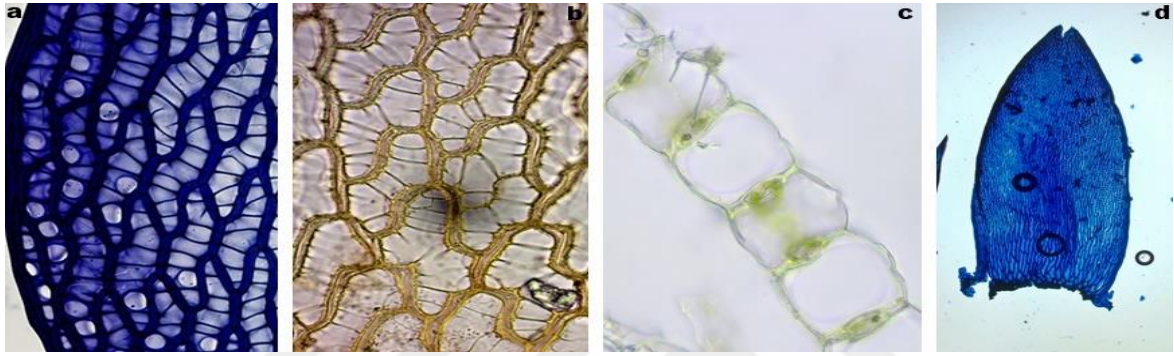
Kapitulumun şekli *Sphagnum* cinsi taksonları arasında farklılık gösterir (Şekil 11); bazıları yukarıdan bakıldığında daha yıldız benzeri kapitula (stellat kapitulum) sahipken (Şekil 11a), bazıları yarımküre şeklinde (hemispherical) kapitula (Şekil 11c) sahiptir. Olumsuz koşullarda (örn. kuru yüzeyler) yavaş büyüyen bireylerin kapitulaları, optimal koşullarda büyüyen (*S. angustifolium* (Russow) C.E.O. Jensen) türün bireylerinin kapitalasından daha fazla yarımküre olabileceği görülmektedir. Tüm *Sphagnum* yosunlarının terminal (apikal) tomurcuğu vardır, bu tomurcuk bazı tür taksonlarında belirgin şekilde görülürken (örn. *S. teres* (Schimp.) Ångstr.) (Şekil 11b.), çoğu türde kapitulumdaki kısa, yayılıcı (divergent) dallar tarafından gizlenir. Her bir fasiküldeki yayılıcı ve sarkık dalların sayısı türler arasında değişir ve bu, alt cinsler arasında iyi bir ayırt edici özelliktir. Ayrıca yan dal yapraklarının gövde üzerinde düzgün bir sırada olup olmaması veya kıvrımlı yapıda olması da diğer bir ayırt edici özelliktir. Diğer karakterlerin yanında, gövde yaprağının şekli ve boyutu genellikle tür taksonları arasında ayırım yaparken en iyi makroskobik tanımayı sağlayan özelliklerden biridir. Gövde yaprağının incelenmesi için her zaman bir büyüteç gereklidir. Kapitulumun altında veya oldukça yakınında bulunan gövde yaprakları, bu tür bir inceleme için en iyi özelliktir (Laine et al., 2011).



Şekil 11. *Sphagnum* cinsi taksonlarda farklı kapitulum şekilleri; a) Stellat kapitulum, b) *S. teres* örneğinde görülen belirgin apikal tomurcuk, c) Yarımküre şeklinde (hemispherical) kapitulum (Laine vd., 2018'den değiştirilerek kullanılmıştır).

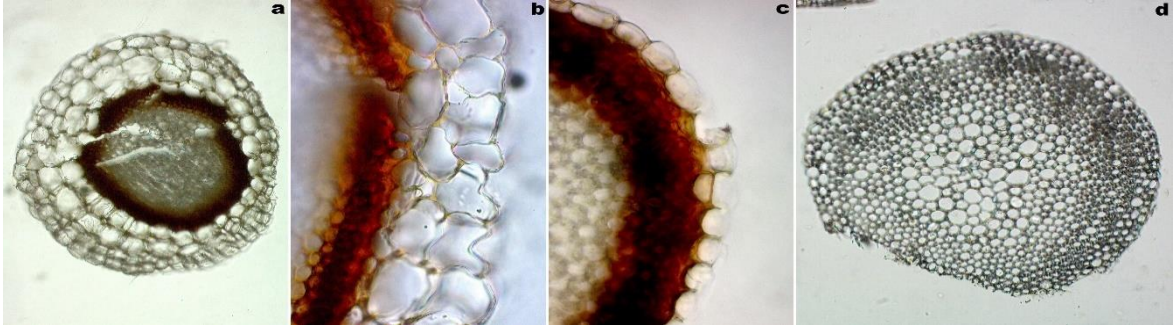
Morfolojik verilerden yararlanılarak yapılan teşhis çalışmalarında mikroskobik özellikler, mikroskop altında yan dal ve gövde yaprağı hücrelerinde bulunan anatomik özellikler incelenerek daha kesin tanımlama yapma hususunda büyük ölçüde yardımcı olur. Yan dal yapraklarının hücre yapıları, boyutları ve şekillerinin yanı sıra porların büyüklüğü, şekli ve yeri gibi özellikler iyi bir tanımlayıcıdır (Şekil 12a). Ayrıca *Sphagnum* alt cinsinde

yan dal yaprağının hiyalin hücrelerin iç komissural duvarlarında papilla veya papilla benzeri yapıların olup olmaması (Şekil 12b) da ayırt edici bir özelliktir. Yan dal yaprağın enine kesitindeki fotosentetik hücrelerin şekli ve konumu (Şekil 12c) genellikle tanımlama için iyi bir destek sağlar (örn. *S. divinum* Flatberg & Hassel ve *S. medium* Limpr. ile *S. centrale* C.E.O. Jensen karşılaştırması, *S. fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr. var. *fallax* ile *S. pulchrum* (Lindb. Ex Braithw.) Warnst. karşılaştırması). Gövde yaprağı hücrelerinde fibrillerin varlığı (örn. *S. auriculatum* Schimp.) (Şekil 12d) veya yokluğu oldukça önemlidir (Şekil 12).



Şekil 12. Teşhis çalışmalarında mikroskobik özellikler a) Yan dal yapraklarının hücre şekilleri, porların büyüklüğü, şekli ve yeri, b) *S. papillosum* örneğinde yan dal yaprağı hiyalin hücrelerin iç komissural duvarlarında papilla yapısı, c) *S. centrale* örneğinde yan dal yaprağın enine kesitindeki fotosentetik hücrelerin şekli, d) *S. auriculatum* örneğinde gövde yaprağı hücrelerinde fibrillerin varlığı

Gövde enine kesitinde, farklılaşmış korteksin varlığı ve kortikal hücre katmanlarının sayısı tanımlamada kullanılan diğer bir özelliktir. Örneğin; *Sphagnum* alt cinsinde bulunan toksonların (*S. centrale* C.E.O. Jensen, *S. palustre* L., *S. papillosum* Lindb., *S. divinum* Flatberg & Hassel, *S. medium* Limpr., *S. affine* Renauld & Cardot) gövde enine kesitinde hiyalin hücre katman sayısı 3-4 iken (Şekil 13a), *Rigida* alt cinsinde (*S. compactum* DC., *S. strictum* Sull.) ise 2-3'tür (Şekil 13b). Bazen aynı alt cinsinde bulunan (*Subsecunda*) tür taksonları arasında bu sayı oldukça farklılık gösterirken (örn. *S. subsecundum* Nees gövde enine kesitinde hiyalin hücre sayısı 1 iken (Şekil 13c), aynı alt cinse ait olan *S. contortum* da bu katmanın sayısı 2-3), bazı türlerde ise farklılaşmış korteks bile bulunmayabilir (*S. angustifolium* (Russow) C.E.O. Jensen, *S. fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr. var. *fallax*, *S. flexuosum* Dozy & Molk.) (Şekil 13d) (Daniels ve Eddy, 1985; Laine vd., 2018) (Şekil 13).



Şekil 13. *Sphagnum* taksonlarında farklı gövde enine kesitleri a) *S. centrale* gövde enine kesiti, b) *S. compactum* gövde enine kesiti, c) *S. subsecundum* gövde enine kesiti, d) *S. fallax* var. *fallax* gövde enine kesiti

### 1.9.2. Moleküler Veriler

Son zamanlarda özellikle Avrupa ülkelerinde DNA dizi analizi çalışmaları, sistematik problemlerin çözülmesinde, canlılar arasında taksonomik durumların ve taksonlar arası filogenetik ilişkilerin ortaya çıkarılmasında kullanılan en önemli metotlardan biri haline gelmiştir (Shaw vd., 2010a, b; Shaw, vd., 2016). Son 20 yılda, moleküler filogenetik yapılanmalar, morfolojiye dayalı sınıflandırmaların yeniden gözden geçirilmesi gerektiğini göstermiştir. Hızla gelişen moleküler biyoloji ve biyoinformatik, DNA dizilerinin taksonomik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmasına olanak sağlamıştır (Graham vd., 2004). Judd vd. (2008)'e göre birçok takson karşılaştırılmasının hızlı ve kolay yolunun moleküler teknikleri kullanarak filogenetik hipotezler oluşturmak olduğunu savunmuştur. Moleküler teknikler içerisinde yer alan DNA dizi sırasına dayalı yöntemler familya düzeyinden cins düzeyine kadar taksonlar arasındaki akrabalık düzeyini görmek için kullanılmaktadır (Mishler vd., 1992; Graham vd., 2004). Ayrıca bugüne kadar yapılan filogenetik analizler birçok klasik taksonomik görüşü destekleyici bilgiler sunmasının yanında, bitkilerin evrimsel ilişkileri ve tarihsel gelişimi hakkında anlayışımızı temelden değiştirebilecek şaşırtıcı bilgiler ortaya koymuştur (Judd vd., 2008). Bu bağlamda DNA dizinin çıkarılması evrimsel akrabalıkların analizinde yeni bir araç olarak kullanılmaktadır (Mishler vd., 1992).

Bitkilerde genomik (nrDNA), mitokondriyal (mtDNA) ve kloroplast (cpDNA) olmak üzere üç temel tip DNA dizi veri seti bulunmaktadır. Bu üç bitki genomunun birinden kodlanan veya kodlanmayan bölgelerin DNA dizileri türden popülasyona kadar tüm taksonomik düzeydeki ilişkilerin anlaşılmasında büyük bir etkiye sahip olmuştur (Stech ve

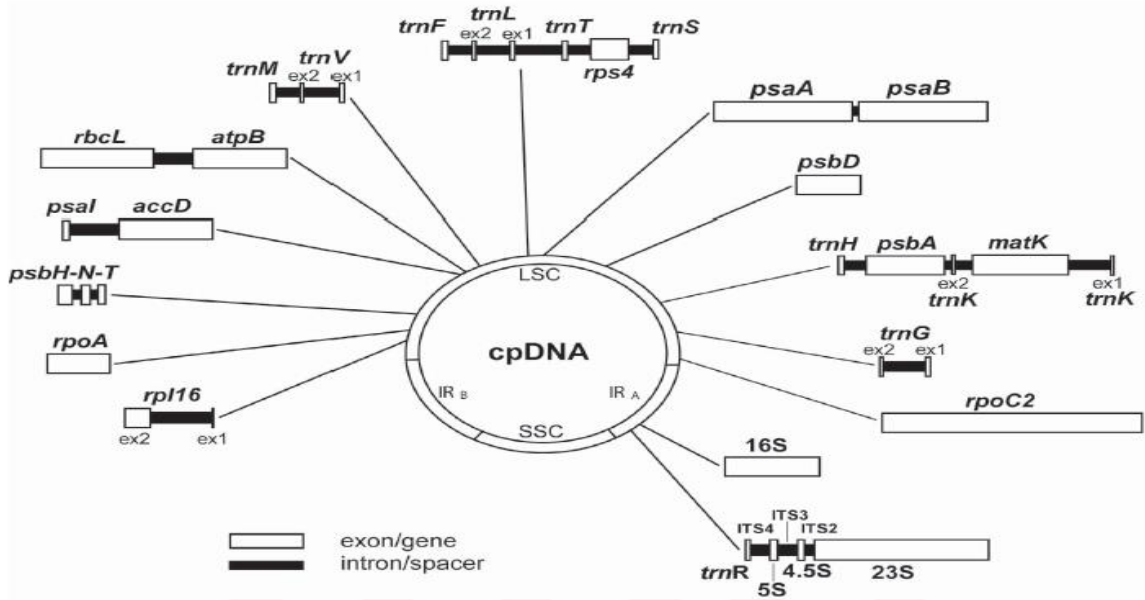


Quandt, 2010). Genomik DNA, atalardan yeni nesillere çekirdek bölünmesiyle eşeyli ve eşeysiz yollarla aktarılır. Mitokondri ve kloroplast DNA'sı ise çekirdekten bağımsız olarak bölünür ve yeni nesillere farklı bir şekilde aktarılır (McCauley, 2007). Bitkilerde var olan üç genomda (nüklear, mitokondri, kloroplast) cins altı taksonomik seviyelerde alternatif olabilecek değişken bölgelerin eksikliği bu bölgenin kullanışlı bir markır olmasını sağlamıştır (Arnheim, 1983). Briyofitlerde ilk DNA dizisi çalışmaları 1980'lerin başında Katoh vd., (1983) tarafından yapılan çalışma ile başlamıştır, ancak briyofitlerin moleküler filogenilerinin ortaya çıkması bu tarihten yıllar sonra gerçekleşmiştir (Stech ve Quandt, 2010). Sonrasında briyofitler üzerine yapılan moleküler temelli briyofit filogenisi ve sistematigi çalışmaları hızla devam etmiştir (Goffinet ve Hax, 2001; Goffinet, 2003; Quandt ve Stech, 2003; Goffinet ve Buck 2004; Shaw ve Renzaglia, 2004; Troitsky vd., 2007; Stech, 2009; Vilnet vd., 2009). Stech ve Quandt 2010 yılında yapmış oldukları bir araştırmaya göre 1990-2001 yılları arasında briyofitlerde moleküler filogeni çalışmalarında nüklear ribozomal DNA (nrDNA), plastid ve mitokondriyal genom bölgesi markırlarından sadece beşinin kantitatif öneme sahip olduğunu ve tüm DNA sekansı analizlerinin %85'inden fazlasının ana markır olarak *trnL-F*, *rbcL*, *rps4*, 18S ve ITS kullanıldığını. Ancak sonrasında yapılan çalışmalarla bu sayı artmış olsa da tüm analizlerin çoğu hala geleneksel ve sık olarak kullanılan dört markır bölgeleri (*trnL-F*, *rbcL*, *rps4*, ITS) üzerinedir (Stech ve Quandt, 2010).

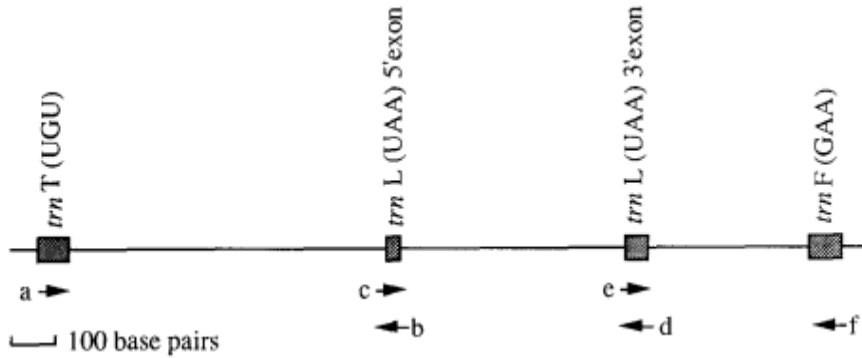
Kloroplast DNA (cpDNA) üzerinde yer alan genler ve bölgeler filogenetik ilişkilerin açıklanmasında kullanılmaktadır (Taberlet vd., 1991). Yaklaşık 120-170 kilo baz çifti (kbç) büyüklüğünde olan ve yaklaşık 100 genetik fonksiyonu kodlayan kloroplast genomu (Clegg vd., 1991; Palmer, 1991; Downie ve Palmer, 1992), bazı istisnalar hariç yaklaşık 25 kbç uzunluğunda birbirinin tamamlayıcısı olan iki ters tekrar dizisi (inverted repeat=IRA ve IRb) içermektedir. IR bölgeleri birbirinden büyük tek kopyalı (large single copy=LSC) ve küçük tek kopyalı (small single copy=SSC) bölgelerle ayrılır (Shaw vd., 2007). Ters tekrar dizilerinde bulunan plastid ribozomal genler (16S, 23S ve cpITS) hariç tüm markırlar LSC'den köken alır (Stech ve Quandt, 2010) (Şekil 14).

Kloroplast genomunun kodlanmayan ve daha az korunmuş bölgeleri bitkilerde moleküler sistematik, fitocoğrafik ve popülasyon genetiği çalışmalarında öncül veri kaynağıdır (Shaw vd., 2007). Genellikle, kodlanmayan bölgeler, kodlanan bölgelerden daha hızlı bir şekilde evrimleşmekte ve son zamanlarda yakın akraba taksonları arasındaki filogenetik ilişkilerin çalışılmasında kullanılmaktadırlar (Widmer ve Baltisberg, 1999).

cpDNA üzerinde yerleşmiş 5'*trnL* (UAA)-*trnF* (GAA) bölgesi (Taberlet vd., 1991) (Şekil 15), kodlanmayan bir bölge olduğundan dolayı briyofitler üzerinde moleküler filogenetik çalışmalarda en çok kullanılan bölgelerden biri olmuştur (Stech ve Quandt, 2010).



Şekil 14. Briyofitlerde filogenetik çalışmalarda kullanılan kodlama ve kodlama yapmayan bölgelerin konumlarını gösteren cpDNA. IRA / IRB = ters çevrilmiş tekrarlar; SSC / LSC = küçük / büyük tek kopya bölgesi (Stech ve Quandt, 2010'dan alınmıştır).



Şekil 15. 5'*trnL* (UAA)-*trnF* (GAA) bölgesi (Taberlet vd., 1991'den alınmıştır).

5'*trnL*(UAA)-*trnF*(GAA) bölgesi (bundan sonra *trnL*-F bölgesi olarak bahsedilecek); *trnL* intron, 3'*trnL* ekzon ve 3'*trnL*(UAA)-*trnF*(GAA) intergenik (genler arası) spacer (ara bölge) (bundan sonra *trnL*-F ara bölge olarak bahsedilecek) olmak üzere üç bölgeyi içeren

yerdir. *trnL* intronu; *trnL*(UAA)5' ekzon ile *trnL*(UAA)3' ekzon arasında bulunur. Briyofitlerde *trnL*-F bölgesinde, uzunluk değişimi, *trnL* intronundaki inversiyonlar veya delesyonlara bağlı olarak değişir. (Stech vd., 2003; Quandt vd. 2004; Quandt ve Stech 2005; Hernández-Maqueda vd., 2008b). Budke ve Goffinet (2006) ise karayosunları üzerine yaptığı filogenetik çalışmada *trnL* intronunun toplam uzunluğunun 249-361 bp arasında olduğunu rapor etmiştir. Örneğin, Stech vd. (2003), farklı Bryopsida gruplarından 24 yosun içeren bir veri seti için ortalama *trnL* intron uzunluğunu 308 bp olarak ve bu uzunluğun yapraklı karayosunlarında karşılığının ise 265-472 bp olduğunu bildirmiştir. Yine aynı çalışmada *trnL* intronunun GC içeriği yapraklı karayosunlarında %25,7 olarak bildirilmiştir. *trnL* intronu tüm taksonomik seviyelerde kullanılmasının sebepleri ise; evrensel primerlerle amplifikasyonun kolay olması, moleküler evrimi hakkında geniş bir bilgi birikimine sahip olunması ve kıyaslama için dizi bolluğuna sahip olmasıdır (Taberlet vd., 2007; Quandt ve Stech, 2003; Borsch ve Quandt, 2009). 3'*trnL* ekzon, %44-52 arasında değişen bir GC içeriği ile incelenen tüm bitki gruplarında yaklaşık ortalama 50 bp uzunluğunda olduğu bilinmektedir, ancak *Sphagnum* cinsi yosunlarında 53 bp olduğu rapor edilmiştir (Stech vd., 2003). *trnL*-F ara bölge, kodlanmayan cpDNA bölgesidir. *trnL*-F ara bölgenin dizi uzunlukları üç briyofit soyu arasında farklılık gösterir. En uzun diziler boynuzsuotlardan (393 nt, ortalama 366) bildirilirken, ciğerotları (yaklaşık 70 nt) ve yapraklı karayosunu dizilerinin uzunlukları (yaklaşık 82 nt) çok daha küçüktür (Stech vd., 2003; Quandt ve Stech, 2004). Stech vd. (2003)'e göre karayosunlarında kodlanmayan *trnL*-F ara bölgesinin uzunluğu 82 bp'dir. Bu ara bölge herhangi bir proteini veya işlevsel RNA'yı şifrelemez ve yüksek dizi değişkenliği (Stech vd., 2003) ve insersiyon/delesyon ihtimalinin yüksek olmasından dolayı cpDNA'da yakın akraba tür taksonları arasında filogenetik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Taberlet vd., 1991).

### 1.9.3. Moleküler Filogenetik Analizler

Filogenetik; morfolojik ve biyokimyasal karakterlere dayalı olarak organizmalar, bireyler veya genler arasındaki akrabalığı belirlemeye yarayan bir bilim dalıdır. Moleküler filogenetik ise; organizmalar veya genler arasındaki evrimsel akrabalık ilişkileri (atasal akrabalıkları) ortaya çıkarmak için DNA veya amino asit dizileri gibi moleküler ve istatistik tekniklerin bir arada kullanıldığı bilim dalı olarak tanımlanmaktadır (Dowell, 2008). Moleküler filogenetik çalışmaların asıl amacı, evrimsel süreci yansıtmak için, zaman içinde

genler ve türler arasında ortaya çıkan ilişkileri grafiksel olarak gösteren evrim ağaçlarını oluşturmaktır (Dowell, 2008). Filogenetik ağaç veya soy ağacı olarak adlandırılan bu evrim ağaçları, dallarla bağlanmış düğümler içeren, taksonomik birimler arasında akrabalık ilişkilerini gösteren ağaç benzeri bir diyagramdır (Song vd., 2012). Bir filogenetik ağaçta, aynı atadan (ortak atadan) türeyen tüm taksonlara monofiletik grup veya klad adı verilirken, ortak bir ata ihtiva edip ancak bu ortak atanın tüm üyelerini içermese bu grup parafiletik grup olarak isimlendirilir. Polifiletik grup ise, her biri ayrı ortak ataya sahip iki veya daha fazla gruptan oluşur (Aksoy vd., 2012). Filogenetik ağacın dallanma modeline bakıldığında, tek bir düğüm noktasından ikiden fazla ana dal köken aldığı politomi adını alır.

Filogenetik bir ağaç köklü veya köksüz olabilir. Veri dizine bir dış grup eklemesi yapıldığında filogenetik ağaçta köklenme gerçekleşir. Ağaçta bulunan diğer taksonlardan evrimsel olarak kısa bir süre önce ayrılan bir takson veya taksonlar grubu olan dış grup, filogenetik ağaç oluşturma aşamasında iyi belirlenmesi gereken bir elemandır. Dış grup bilinmediğinde veya ideal bir dış grup bulunamadığı durumlarda filogenetik ağacın en uzun dalının orta noktası ağaç kökü olarak kullanılabilir (Ajawatanawong, 2016). Diğer taksonlar, dış grupla kıyaslanınca birbiriyle daha yakından ilişkilidir. Bu nedenle ağacın köküne yakın bulunur. Moleküler filogenetik ağaçlar, dal uzunluğu düğümler arasındaki evrim miktarına yani moleküler dizideki yüzde farkına karşılık gelecek şekilde çizilir (Baloğlu, 2020).

Moleküler filogenetik analizler genel olarak beş basamakta gerçekleştirilmektedir (Ajawatanawong, 2016). Bunlar; analiz için gerekli dizi verilerini toplama, dizi hizalama (alignment) ve düzenleme, filogenetik ağaç oluşturma metodunun seçilmesi, en iyi ağacın belirlenmesi ve ağacın yorumlanmasıdır.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1 Çalışma Alanı

Türkiye'nin üç ana fitocoğrafik bölgesinden (Davis, 1965; Davis vd., 1971) biri olan Avrupa-Sibirya bölgesi; kısmen Güney Marmara, Kuzey Marmara, Batı, Orta ve Doğu Karadeniz bölgelerini içine alır. Çalışma alanı içinde bulunan Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin illeri Doğu Karadeniz bölgesinde bulunmasından dolayı iklim yönünden yüksek yağış, düşük sıcaklık ve düşük evapotranspirasyon özelliği gösterir. Avrupa-Sibirya bölgesi ortalama olarak yağış 865.9 mm, sıcaklık 14.2°C, potansiyel evopatranspirasyon 709.5 mm arasında değiştiği görülmektedir (DMÖ verileri; Günay ve Küçük, 2007). Tüm Karadeniz sahil şeridi tipik orografik yağışların etkisi altındadır. Bu sebeple, sahil kesimi merkezleri için verilen toplam yağış, sıcaklık ve evapo-transpirasyon değerleri, her 100 metrede yağış yaklaşık 50 mm artarak, sıcaklık ise 0,5-1°C azalarak devam eder. Bu koşullarda evopatranspirasyon ise düşüktür. İklim koşullarının elverişli olması, son buzul döneminden kalan lokal göl veya gölcüklerin oluşması ve diğer topografik yönden depresyonal (çanak) vb. oluşumlar sebebiyle Türkiye turbalıkları özellikle Doğu Karadeniz'in yüksek yaylalarında (Ağaçbaşı ve Barma Yaylaları gibi) rastlanmaktadır. Doğu Karadeniz'in yüksek yayla turbalıkları ombrotrofik ve *Sphagnum* içerikli ve genellikle yüksek turbalık (bog) olarak tanımlanır. Bazen orman içlerinde minyatür oluşumlar şeklinde küçük turbalıklar oluşmaktadır (örn. Trabzon/Maçka Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) ormanı altında).

Ağaçbaşı Yaylası Turbalığı (Şekil 16); Trabzon-Sürmene'den 65 km yukarı orman zonunda 1900-2000 m'de Mincana ve Vizera Yaylaları arasında yer alan bu turbalık, alpin çayırılık özelliğinde ve yaklaşık 100-150 hektarlık bir genişliğindedir. Ancak sırt yolunun üst tarafında, yamacın eteğinde kalan 2.5 metre derinliğe ve 10-15 hektarlık alana sahip olan kısım kaliteli bulunan ombrotrofik yani yüksek turbalık özelliği gösteren kesimdir. *Sphagnum* çeşitliliği açısından bu turbalık genel olarak *S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw., *S. divinum* Flatberg & Hassel, *S. fuscum* (Schimp.) Klinggr., *S. girgensohnii* Russow, *S. medium* Limpr., *S. palustre* L. ve *S. subsecundum* Nees taksonlarınca zengindir. Ayrıca *Carex* sp., *Colchicum* sp. (Vargit çiçeği), *Drosera rotundifolia*, *Nardus stricta* vb. gibi bitki taksonlarına da ev sahipliği yapar. Bu tür turbalıklar (yüksek turbalık), çok spesifik koşulları

(besin maddesi kıtlığı, oksijen azlığı, organik asitler ve katyon alışverişinin neden olduğu asidite) nedeniyle ancak sınırlı sayıda son derece karakteristik türlere ev sahipliği yaptığı için tür çeşitliliği mineral toprak koşullarına sahip alanlara kıyasla nispeten daha düşüktür.



Şekil 16. Ağaçbaşı Yaylası

Barma Yaylası Turbalığı; Trabzon-Çaykara'ya 15 km, İyidere'ye 45 km mesafede yaklaşık 1800-1900 m yükseklikte Doğu Ladini olarak bilinen *Picea orientalis* (L.) Link. ormanının bitiminde hemen orman sınırının üzerinde bulunan ve Ağaçbaşı Yaylasına oldukça yakın olan Türkiye'nin en büyük ikinci bataklığı konumundaki yerdir. Yaklaşık 10-15 hektarlık alana sahip olan bu turbalık devamlı sis ve yağışla beslendiği için ıslak bir yapıdadır. Ombrotrofik *Sphagnum-Carex* tipi bir turbalıktır. Bölgedeki en yaygın *Sphagnum* türleri ise; *S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw., *S. compactum* DC., *S. palustre* L. ve *S. subsecundum* Nees'dir (Şekil 17).



Şekil 17. Barma Yaylası Turbalığında yaygın görülen *S. compactum* örneği



Vizera Yaylası Turbalığı; Ağaçbaşı yaylasına oldukça yakın 1900-2000 m rakıma sahip alpin çayırılık özelliğinde, yaklaşık 1-2 m derinliğe sahip ombrotrofik turbalık özelliği gösteren kesimdir. *S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw., *S. compactum* DC., *S. contortum* Schultze *S. palustre* L., *S. papillosum* Lindb. ve *S. subsecundum* Nees türleri bölgede yaygın olarak bulunmaktadır (Şekil 18).



Şekil 18. Vizera Yaylası turbalığında yaygın olan *S. palustre* ve *S. papillosum*

Artvin-Sazak Bataklık Turbalığı; Arhavi'ye 20 km uzaklıkta, deniz seviyesinden 1650 m yükseklikte ve 6 hektarlık alandır. 2019 yılında Kırmacı vd., tarafından Türkiye'nin en büyük turbalığı olan Ağaçbaşı Yaylası turbalığına eş olabileceği, *S. centrale* C.E.O. Jensen ve *S. compactum* DC.'un baskın türler olduğu ve *S. angustifolium* (Russow) C.E.O. Jensen ve *S. subsecundum* Nees türlerinin de yaygın olduğu bildirilmiştir.

Araştırma sahalarından olan Giresun ve Rize illeri; genel olarak Karadeniz iklimi etkisi altındadır. Yazları ılık ve nemli, kışlar serin, karlı ve nemlidir. Bu bölgenin ılıman ve nemli okyanus iklimi (Anşin, 1981; Akman, 1999) sayesinde yüksek briyoçeşitliliği olduğu için *Sphagnum* yosunu çeşitliliği de fazladır. Giresun ve Rize illeri için verilen lokalitelerde iki vejetasyon tipi vardır; 1900 m'ye kadar olan kesimlerde karışık orman bitki örtüsü (*Carpinus betulus* L., *Corylus avellana* L., *Acer* sp., *Fagus orientalis* Lipsky. ve *Picea orientalis* (L.) Link) ve 1900 m'den yukarısı subalpin bitki örtüsüdür.

Sakarya-Samanlı Dağları; ılıman Akdeniz iklimi ile ılıman okyanus iklimi arasında geçiş göstermektedir. 2017 yılında Ören vd., tarafından, *Sphagnum* turba alanlarının büyük çoğunluğu doğu Karadeniz bölgesinde bulunduğu ancak araştırma sahası olarak verilen bu bölgenin Akdeniz bölgesinde 1075 m rakımda alpin çayırlara yakın turbalık bir alan olduğu, *S. inundatum* Russow ve *S. palustre* L. türlerinin yaygın olarak bulunduğu rapor edilmiştir.

## 2.2. Morfolojik Çalışmalar

Morfolojik çalışmalar Türkiye’de yayılış gösteren bazı *Sphagnum* taksonları üzerine gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda ülkemiz taksonlarına ait teşhis anahtarı, makroskobik ve mikroskobik özellikleri, dünya dağılımı, istasyon bilgileri, ekolojileri, resimleri ve ilgili tür taksonları ile karşılaştırmaları yapılarak verilmiştir.

### 2.2.1. Örneklerin Toplanması ve Muhafazası

Araştırma materyallerini oluşturan  $\pm 500$ -600 *Sphagnum* örneği 2015 ile 2021 tarihleri arasında yapılan arazi çalışmaları ile 21 farklı lokaliteden toplanmıştır (Tablo 1). Örneklem noktalarının seçiminde vejetasyon tipleri, su ile olan ilişkileri, rakımı ve habitat gibi ekolojik özellikler dikkate alınmıştır. Örneklem için seçilen her istasyonun mevki, GPS koordinatları, rakımı, arazinin genel yapısı ve günün tarihi deftere not edilerek *Sphagnum* örnekleri toplanan bu bölgelerin ve *Sphagnum* taksonlarının resimleri doğal ortamında dijital fotoğraf makinesi ile çekilmiştir. Doğal habitatlarından toplanan bu örneklerin zarar görmemesi adına sadece tayin ve moleküler çalışmalar için yeterli miktarda alınarak kilitli polietilen poşetler içinde laboratuvara getirilmiştir. Araziden ıslak bir şekilde laboratuvara getirilen *Sphagnum* örneklerinden tayin için kullanılacak kısmı oda koşullarında, hava akımının uygun olduğu ve direkt olarak güneşe maruz kalmayan bir ortamda kurutulurken, moleküler çalışmalar için kullanılacak kısmı ise silikajel içerisinde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler teşhis ve moleküler çalışmalar için geçici olarak herbaryum ortamında muhafaza edilmiştir ve bu örnekler kayıt altına alınarak numaralandırılmıştır.



Tablo 1. *Sphagnum* örneklerinin toplandığı istasyonlar

| Sıra No | Tarih<br>Rakım            | Lokale/<br>GPS Koordinatları                                                                                                       | Vejetasyon                                                                                                                                                           |
|---------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 14.09.2019<br>2330 m      | Giresun: Dereli, Kümbet, Bağırsak Gölü<br>40°32'27"K, 38°11'08"D                                                                   | Alpin çayır                                                                                                                                                          |
| 2       | 13.09.2019<br>1980 m      | Giresun: Dereli, Şih Obası Yaylası-2<br>40°31'45"K, 38°29'07"D                                                                     | Mezotrofik bataklık                                                                                                                                                  |
| 3       | 13.09.2019<br>2050 m      | Giresun: Dereli, Şih Obası Yaylası-3<br>40°31'17" K, 38°29'29" D                                                                   | Alpin çayır                                                                                                                                                          |
| 4       | 14.09.2019<br>2350 m      | Giresun: Dereli, Karagöl mevkii Çatlak obası<br>40°31'59" K, 38°11'12" D                                                           | Alpin çayır                                                                                                                                                          |
| 5       | 14.09.2019<br>2050-2080 m | Giresun: Dereli, Kuzu gölü yaylası girişi<br>40°35'01"K, 38°29'14"D                                                                | Alpin çayır                                                                                                                                                          |
| 6       | 27.06.2020<br>2075 m      | Giresun: Dereli, Bektaş yaylası çıkışı, Karagöl<br>tarafı<br>(37T) 0434114D-4499656K                                               | Alpin çayır                                                                                                                                                          |
| 7       | 20.06.2017<br>1900–1916 m | Giresun: Görele, Bakıralanı Obası<br>40°52'27,4"K, 39°06'52.7"D                                                                    | Dereler ve ormanlık<br>alanların yakınındaki<br>oligotrofik turbalık                                                                                                 |
| 8       | 12.09.2019<br>1720 m      | Giresun: Dereli, Yeşilvadi- Kümbet yolu<br>40°34'36" K, 38°24'60" D                                                                | Alpin çayır                                                                                                                                                          |
| 9       | 27.06.2020<br>1561 m      | Giresun: Dereli, Kulakkaya yaylası<br>(37T) 0444216D-4507381K                                                                      | Alpin çayır                                                                                                                                                          |
| 10      | 03.10.2019<br>2000 m      | Trabzon: Köprübaşı, Ağaçbaşı Yaylası<br>Turbalığı<br>40°41'42"K, 40°05'01"D                                                        | Oligotrofik turbalık,<br><i>Carex</i> sp., <i>Drosera</i><br><i>rotundifolia</i> , <i>Lycopodium</i><br><i>inundatum</i> , <i>Eriophorum</i><br><i>angustifolium</i> |
| 11      | 03.10 2019<br>1950-2010 m | Trabzon: Köprübaşı, Vizera Yaylası<br>40°40'16"K, 40°05'13"D                                                                       | Oligotrofik turbalık                                                                                                                                                 |
| 12      | 03.10 2019<br>1861 m      | Trabzon: Çaykara, Barma Yaylası<br>40°42'11"K, 40°08'57"D                                                                          | Oligotrofik turbalık,<br><i>Sphagnum-Carex</i>                                                                                                                       |
| 13      | 22.07.2021<br>2591 m      | Trabzon: Çaykara, Demirkapı köyü, Balıklı<br>Göl<br>40°31'51"K, 40°23'06"D                                                         | Alpin çayır                                                                                                                                                          |
| 14      | 15.07.2019<br>2640-2590m  | Rize: İkizdere, Arcahal<br>40°31'90.9"K, 40°30'34.8"D                                                                              | <i>Rhododendron</i> , Alpin<br>Çayır                                                                                                                                 |
| 15      | 16.07.2019<br>2718 m      | Rize: İkizdere, Yatak Yaylası-1<br>40°35'43,8"K, 40°32'91,7"D                                                                      | Alpin çayır                                                                                                                                                          |
| 16      | 14.06.19<br>2450 m        | Rize: İkizdere, Gölyayla (Kabahor) Yaylası<br>40°37'89,8"K, 40°49'96,8"D                                                           | Alpin çayır                                                                                                                                                          |
| 17      | 14.06.2019<br>2300 m      | Rize: İkizdere, Gölyayla (Kabahor) Yaylası-2<br>40°37'97.4"K, 40°40'41.1"D                                                         | Alpin çayır                                                                                                                                                          |
| 18      | 17.07.19<br>2960-2980 m   | Rize: İkizdere, Dipsiz göl 40°31'18"K,<br>40°30'39"D                                                                               | Göl ve kayalık alan                                                                                                                                                  |
| 19      | 13.06.2019<br>1757 m      | Rize: İkizdere, Çiftköprü köyü-Meşeköy<br>arası vadi içi<br>40°38'16.4"K, 40°35'74.0"D                                             | <i>Picea</i> sp. ve <i>Alnus</i> sp.<br>karışık orman                                                                                                                |
| 20      | 28.08.2016<br>1650 m      | Artvin: Arhavi, Sazak (bataklık) Turbalığı<br>(Arhaviye 21 km)<br>41°13'14,2"K, 41°20'00,5"D<br>(Prof. Dr. Mesut Kırmacı verileri) | Bataklık Turbalığı                                                                                                                                                   |
| 21      | 28.05.2015<br>1075 m      | Sakarya: Samanlı Dağlar, Geyve ilçesi,<br>Soğucak Yaylası<br>40°36'21"N, 30°11'27"E (Muhammet Ören<br>verileri)                    | Alpin çayır yakınındaki<br>turbalık alan                                                                                                                             |

Arazi çalışmaları sonrasında halihazırda elimizde bulunmayan bazı *Sphagnum* örneklerini (örn: *S. divinum* Flatberg & Hassel, *S. subfulvum* Sjörs, *S. tenellum* (Brid.) Pers. Ex. Brid. ve *S. flexuosum* Dozy & Molk) ülkemizde alanında uzman hocalar tarafından sağlanmıştır. *S. divinum* Flatberg & Hassel, *S. subfulvum* Sjörs ve *S. tenellum* (Brid.) Pers. Ex. Brid. örnekleri Prof. Dr. Mesut Kırmacı, *S. flexuosum* Dozy & Molk örneği ise Prof. Dr. Muhammet Ören tarafından temin edilerek çalışmalarda kullanılmıştır.

Toplanan veya temin edilen örneklerinin toplama bilgileri Tablo 1’de verilmiştir. Bu örneklerden bazıları DNA izolasyonunda kullanılmak üzere sağlıklı gametofitler seçilerek silikajel içerisine alınmış ve uzun süreli muhafazası için derin dondurucuda (-20°C) saklanmıştır.

### 2.2.2. Işık Mikroskobu Çalışmaları ve Analizi

Laboratuvara getirilen *Sphagnum* örnekleri teşhis için temiz bir petri kabında ıslatılarak pens yardımıyla, lam-lamel arası preparat yapılarak, Carl Zeiss Stemi 2000-C trioküler stereo mikroskop altında preparatları hazırlanmıştır. *Sphagnum* örneklerinin grubuna göre farklılıklar arz eden ayırt edici karakterleri (örneğin; yandal yaprağı enine kesiti, gövde yaprağı enine kesiti, yandal ve gövde yaprağının şekilleri, yandal ve gövde yaprak hücreleri (spiral fibriller içerip içermemesi; hücrelerin şekli ve büyüklüğü; hyalin ve klorofillaz hücrelerin düzenlenişi vb.) su ortamında metilen mavisine boyanarak preparasyonu yapılmıştır. Preparatlar Carl Zeiss Axio Imager A2 trioküler ışık mikroskopunda incelenmiştir. İncelenen örneklerin ayırt edici mikroskopik fotoğrafları, bu mikroskoba takılı bilgisayar bağlantılı kamera sistemi ile fotoğraflanmıştır. Tez çalışmasında kullanılan bu fotoğrafların düzenlenmesi ise Paint ve Photoshape programları ile yapılmıştır.

Türkiye için henüz yazılı bir Türkiye Briyofit Florası olmadığından, *Sphagnum* taksonları için genelde ilgili flora kitaplarından (İngiltere-İrlanda floraları (Watson, 1981; Smith, 1980, 2004; Atherton vd., 2010), Avrupa *Sphagnum* Yosunları (Daniels ve Eddy, 1985; Laine vd., 2018) ve Doğu Kanada’nın *Sphagnum* Yosunları (Ayotte ve Rochefort, 2021)) isimli çalışmalardan ve revizyonel çalışmalardan makroskopik ve mikroskopik özelliklerinin yer aldığı resimler ve fotoğraflardan yararlanılarak morfolojik teşhisleri yapılmıştır.

Türkiye *Sphagnum* yosunları için sistematik düzenleme ve yeni kayıt durum değerlendirmeleri için Uyar ve Çetin, 2004; Kürschner ve Erdağ, 2005; Kürschner ve Frey, 2011; Ros vd., 2013; Hodgetts, 2015; Hodgetts vd., 2020; Kürschner ve Frey, 2020 kontrol listelerinden ve Türkiye *Sphagnum* yosunları için yayınlanmış yeni kayıtlardan gözden geçirilerek karar verilmiştir. Teşhisinde güçlük çekilen örneklerde ise gerek yurt içinden gerekse yurt dışından konunun uzmanlarından yardım alınmıştır. Ayrıca iller bazında yeni kayıt durumu değerlendirilmesi Abay vd., 2016; Özdemir ve Batan, 2017a; Özdemir ve Batan, 2017b; Batan vd., 2018; Kırmacı vd., 2019; Erata vd., 2021a; Erata vd., 2021b; Erata ve Batan, 2022 kontrol listelerinden veya yayınlanmış çalışmalardan yararlanılarak yapılmıştır.

### 2.3. Moleküler Çalışmalar

#### 2.3.1. Örneklem

Moleküler çalışmalar, Türkiye'de yayılış gösteren bazı *Sphagnum* taksonları üzerine yapılmıştır. Tez kapsamında çalışılan bazı *Sphagnum* taksonlarının isimleri, çalışma sırasında verilen kodları ve il-ilçe bazında toplanma bilgileri verilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Tez kapsamında filogenetik analizi yapılan örnekler ve bilgileri

| Çalışılan Örnek İsmi    | Verilen Kod | Türkiye (İl-İlçe)  |
|-------------------------|-------------|--------------------|
| <i>S. warnstorffii</i>  | TUR 22-7    | Rize-İkizdere      |
| <i>S. rubellum</i>      | TUR 22-23   | Rize-İkizdere      |
| <i>S. fuscum</i>        | TUR 22-3    | Trabzon-Köprübaşı  |
| <i>S. capillifolium</i> | TUR 22-40   | Trabzon-Köprübaşı  |
| <i>S. girgensohnii</i>  | TUR 22-6    | Trabzon-Çaykara    |
| <i>S. fimbriatum</i>    | TUR 22-25   | Giresun- Dereli    |
| <i>S. teres</i>         | TUR 22-22   | Giresun-Dereli     |
| <i>S. medium</i>        | TUR 21-110  | Trabzon-Köprübaşı  |
| <i>S. centrale</i>      | TUR 21-107  | Giresun: Dereli    |
| <i>S. papillosum</i>    | TUR 21-111  | Trabzon- Köprübaşı |
| <i>S. palustre</i>      | TUR 21-112  | Trabzon- Köprübaşı |
| <i>S. compactum</i>     | TUR 22-8    | Trabzon-Çaykara    |
| <i>S. contortum</i>     | TUR 21-108  | Giresun: Dereli    |
| <i>S. contortum</i>     | TUR 22-4    | Giresun: Dereli    |
| <i>S. auriculatum</i>   | TUR 22-37   | Giresun: Dereli    |
| <i>S. fallax</i>        | TUR 21-109  | Giresun: Dereli    |

*Andreaea rothii* dış grup olarak kullanılmıştır. Dış grup ve bazı taksonlara ait baz sırası verileri GenBank'tan alınmıştır (Tablo 3). Filogenetik analizlerde, *trnL-F* bölgesine ait 55 popülasyona ait örnek kullanılmış olup bunlardan 1'i dış gruba ait örnektir. Ayrıca tez kapsamında *S. recurvum* taksonunun filogenetik pozisyonunu daha net görebilmek için *S. recurvum* aksesyonları ve bu örneğe morfolojik açıdan benzer olduğu düşünülen *S. obtusum* aksesyonları çalışmaya dahil edilmiştir. Tez kapsamında 15 farklı taksona bağlı 16 örneğe ait *trnL-F* bölgesinin baz sırası üretilmiştir (Ek 1).

Tablo 3. GenBanktan alınan dış grup ve bazı taksonlara ait bilgiler

| GenBank erişim kodları | Takson ismi             | Ülke                              |
|------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| AY298241               | <i>S. quinquefarium</i> | Amerika Birleşik Devletleri (ABD) |
| AY298302               | <i>S. subnitens</i>     | Lüksemburg                        |
| AF192590               | <i>S. warnstorffii</i>  | ABD (Alaska)                      |
| AY298353               | <i>S. rubellum</i>      | Rusya                             |
| AY347102               | <i>S. warnstorffii</i>  | Finlandiya                        |
| AY298041               | <i>S. warnstorffii</i>  | Rusya                             |
| AY298107               | <i>S. fuscum</i>        | Norveç                            |
| AY298260               | <i>S. subtile</i>       | ABD                               |
| AY298034               | <i>S. capillifolium</i> | ABD                               |
| AY298001               | <i>S. capillifolium</i> | ABD                               |
| AY298322               | <i>S. subtile</i>       | ABD                               |
| AY298113               | <i>S. girgensohnii</i>  | ABD                               |
| AY298081               | <i>S. fimbriatum</i>    | Macaristan                        |
| AY298337               | <i>S. teres</i>         | Norveç                            |
| AY298338               | <i>S. teres</i>         | Norveç                            |
| AY298286               | <i>S. squarrosum</i>    | Japonya                           |
| MW547009               | <i>S. divinum</i>       | Türkiye                           |
| MW547010               | <i>S. divinum</i>       | Türkiye                           |
| MW547011               | <i>S. medium</i>        | Türkiye                           |
| MW547007               | <i>S. centrale</i>      | Türkiye                           |
| MW547008               | <i>S. palustre</i>      | Türkiye                           |
| MW547012               | <i>S. papillosum</i>    | Türkiye                           |
| AY298045               | <i>S. centrale</i>      | Romanya                           |
| AY327834               | <i>S. palustre</i>      | Almanya                           |
| MW547013               | <i>S. papillosum</i>    | Türkiye                           |
| AY298206               | <i>S. papillosum</i>    | ABD                               |
| AY298047               | <i>S. compactum</i>     | ABD                               |
| AY298048               | <i>S. compactum</i>     | Rusya                             |
| AY298049               | <i>S. compactum</i>     | Norveç                            |
| GQ370665               | <i>S. contortum</i>     | ABD (New York)                    |
| EU783693               | <i>S. auriculatum</i>   | Norveç                            |
| AY298314               | <i>S. subsecundum</i>   | Rusya                             |
| AY327835               | <i>S. fallax</i>        | Almanya                           |
| AF192595               | <i>S. fallax</i>        | Almanya (Steril kültür)           |
| JQ712987               | <i>S. recurvum</i>      | Portekiz (Azorlar)                |
| AY298245               | <i>S. recurvum</i>      | Japonya                           |
| AY298197               | <i>S. obtusum</i>       | ABD                               |
| AY298198               | <i>S. obtusum</i>       | Japonya                           |
| AY608120               | <i>Andreaea rothii</i>  | ABD                               |

### 2.3.2. *Sphagnum* Örneklerinden DNA İzolasyonu

DNA izolasyonu, 10 yıldan daha genç herbaryum örneklerinden veya taze toplanmış ve silikajel içinde kurutulmuş örneklerden yapılmıştır. Başlangıçta, materyal olarak *Sphagnum* gametofitleri özellikle kapitulumu yakın olan kısmındaki fasiküllerden yaklaşık 25 mg tartılarak bitki öğütücü bilyelerle homojenizatör yardımıyla parçalanmıştır. Öğütülerek toz haline getirilmiş olan örneklerden DNA izolasyonu, DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Redwood City, CA, USA) protokolünü uygulayarak gerçekleştirilmiştir. DNA izolasyonunun kaliteli olup olmadığını anlamak için %1'lik agaroz jel ile test edilmiştir. İzolasyon sonunda degrade olmamış kaliteli DNA örnekleri -20°C'de muhafaza edilmiştir.

### 2.3.3. PCR Çalışmaları ve Baz Sıralarının Okutulması

Tez çalışması kapsamında cpDNA üzerinde bulunan 5'*trnL*(UAA)-*trnF*(GAA) bölgesinin kullanılması tercih edilmiştir. Bu bölge için kullanılan primerler, baz sıraları, yönleri ve diğer bilgileri Tablo 4 'de verilmiştir.

Tablo 4. Tez çalışmasında kullanılan primerlerin baz sırası ve diğer bilgileri

| Primer                  | Baz sırası 5'→3'     | Yön | Dizayn eden         |
|-------------------------|----------------------|-----|---------------------|
| <i>trn-L</i> (c primer) | CGAAATCGGTAGACGCTACG | F   | Taberlet vd. (1991) |
| <i>trn-F</i> (f primer) | ATTTGAACTGGTGACACGAG | R   | Taberlet vd. (1991) |

*trnL-F* bölgesinin çoğaltılması her bir primer çiftine göre optimize edilerek Tablo 5 'te verilen PCR şartları altında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5. Tez çalışmasında kullanılan primerlerin en uygun PCR şartları

| Uygulanan İşlemler                                | <i>trnL-F</i> bölgesi |
|---------------------------------------------------|-----------------------|
| DNA çift zincirinin ayrılması (ön denatürasyon)   | 95°C (1 dk)           |
| DNA çift zincirinin ayrılması (DNA denatürasyonu) | 94°C (1 dk)           |
| Primerlerin bağlanması (annealing)                | 56°C (1 dk)           |
| DNA sentezi (extension)                           | 72°C (1 dk)           |
| Döngü sayısı                                      | 34                    |
| Son uzatma (final extension)                      | 72°C (5 dk)           |

*trnL-F* bölgesinin çoğaltılmasında kullanılan kimyasal karışım son hacmi 50 µl olacak şekilde Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. *trnL-F* bölgesinin çoğaltılmasında kullanılan kimyasallar ve miktarları

| <i>trnL-F</i>                  |             |
|--------------------------------|-------------|
| İçerik                         | Miktar (µl) |
| 10x Buffer                     | 10          |
| MgCl <sub>2</sub> (2,5 mM)     | 3           |
| dNTP (0,25 mM)                 | 20          |
| Primer (50 ng/µl)              | 1+1         |
| <i>Taq</i> DNA polimeraz       | 0,3         |
| DNA                            | 2           |
| dH <sub>2</sub> O (distile su) | 12,7        |
| Son hacim                      | 50          |

DNA izolasyonu sonrasında olduğu gibi PCR çalışmaları tamamlandıktan sonra PCR ürününün varlığı doğrudan %1'lik agaroz jel ortamında kontrol edilmiştir. Çalışılan bölgenin (*trnL-F*) baz sıraları MacroGen firmasına (Amsterdam, Hollanda) hizmet alımı yöntemiyle Tablo 4'te yer alan primer çiftleriyle tek yönlü olarak okutulmuştur.

### 2.3.4. Sekansların Hizalanması-İndellerin Kodlanması ve Filogenetik Analiz

Ham veri olarak elde edilen çalışılan *trnL-F* bölgesinin baz sıraları öncelikle NCBI (National Center for Biotechnology Information) BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) adı verilen ücretsiz ve çevrimiçi program ile dizi benzerliği (homoloji) araştırması yapılmıştır. Diziler seçilip sıralandıktan sonraki aşama çoklu dizi hizalamasının (Multiple sequence alignment-MSA) yapılmasıdır. Bunun için öncelikle ham verilere ait baz sıraları Bioedit versiyon 7.0.0 (Hall, 1999) programı ile *trnL-F* bölgesi tek yönlü kontrol edilerek editleme, sonrasında Mega X versiyon 10.0.5 (Kumar et al., 2018) kullanarak Clustal W ile alt alta hizalama işlemleri yapılmıştır. Çalışılan moleküler belirteçte belirsiz homoloji gösteren bölgeler analizden çıkarılmış ve inversiyonlar geri çevrilmiştir. İndeller Simple Indel Coding (SIC) yöntemine göre (Simmons ve Ochoterena, 2000) SeqState versiyon 1.40 (Müller, 2005a) programında bilgi verici karakterler olarak kodlanmıştır. Türler arası "Benzemezlik Matriksi" Pairwise Distance (ikili dizin mesafesi) metodu kullanılarak MEGA versiyon 11 (Tamura vd., 2021) programı ile yapılmıştır.

Türkiye’de yayılış gösteren bazı *Sphagnum* taksonları üzerinde filogenetik analizler gerçekleştirilmiştir. Taksonlar arasındaki filogenetik ilişkiler, üç farklı analiz yöntemi üzerinden yürütülmüştür. Bunlar; Maximum Parsimony (MP), Maximum Likelihood (ML) analizi ve Bayesian Inference (BI) analizidir.

ML ve BI analizleri model tabanlı çalıştığı için bu analizlerin öncesinde çalışılan cpDNA bölgesi (*trnL-F*) için en uygun nükleotid substitusyon modeli seçimi MrModeltest 2.3 (Nylander, 2004) programı ile Akaike Information Criterion (AIC)’e göre yapılmıştır ve en uygun modelin GTR olduğu bulunmuştur.

ML analizi Cipres Gateway (Miller vd., 2010) online analiz platformu üzerinden RAxML-HP2 (Stamatakis, 2006) paketi ile 1000 seç-bağla (bootstrap) tekrarıyla (Felsenstein, 1985) GTR substitution modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir ve bootstrap (BS) değerleri nodlar üzerinde gösterilmiştir.

BI analizi 10 milyon tekrarlı olarak 4 Markov Chains Monte Carlo (MCMC) ile MrBayes v.3.2 (Ronquist vd., 2012) programı kullanılarak yürütülmüştür. Her 1000 döngü için bir ağaç kaydedilmiştir. BI analizinde Markov Chains Monte Carlo (MCMC) jenerasyon sayısı = 10 milyon; örnekleme sıklığı = 1000; burn-in = %20 ayarları kullanılarak yürütülmüştür. Etkin örneklem büyüklüğü (ESS) Tracer v.1.6 (Drummond ve Rambaut, 2007) ile kontrol edilmiştir. Örneklenen ağaçların (ilk oluşan ağaçların) %20’si atılmıştır

(0,2'si burn-in). Geri kalan ağaçlar ise %50 majority rule consensus tree (çoğunluk kuralı uzlaşma ağacı) olarak kullanılmış ve sonsal olasılık (posterior probability=pp) değerleri nodlar üzerinde gösterilmiştir.

MP analizi başlangıçta Parsimony Ratchet (Nixon,1999) dosyası üzerinden yürütülen PRAP (Müller, 2004) programı ile yapılmıştır. Sonrasında Parsimony Ratchet dosyası üzerine buluşsal arama (heuristic search) parametreleri ilave edilerek PAUP\* (Phylogenetic Analysis Using Parsimony) 4.0b10 (Swofford, 2002) programı ile %50 çoğunluk kuralı uzlaşma ağacı (majority rule consensus tree) elde edilmiştir. Nodlar için Jackknife (JK) destek değerleri, Optimum Jackknife parametreleri (Farris vd., 1996 ve Müller, 2005b)'ne göre PAUP\* version 4.0b10 (Swofford, 2002)'da hesaplanmıştır. TreeGraph 2 (Stöver ve Müller, 2010) programında MP analizi sonucunda elde edilen çoğunluk kuralı uzlaşma ağacı (majority rule consensus tree) açılarak JK değerleri nodlar üzerine otomatik bir şekilde aktarılmıştır.



### 3. BULGULAR

#### 3.1. Morfolojik Bulgular

Arazi çalışmaları sonucunda toplanan  $\pm 500-600$  *Sphagnum* cinsine ait olan örnek numunelerinin tez kapsamında değerlendirilmesi sonucunda *Subsecunda* alt cinsine ait 6 takson, *Sphagnum* alt cinsine ait 5 takson, *Rigida* alt cinsine ait 1 takson, *Cuspidata* alt cinsine ait 6 takson ve *Acutifolia* alt cinsine ait *Squarrosa* ve *Acutifolia* seksiyonlarından ise sırasıyla 2 ve 8 takson tespit edilmiş olup toplamda *Sphagnum* cinsine ait takson sayısı 28 olarak bulunmuştur. Bunlardan *Subsecunda* alt cinsine ait *S. pylaesii*, *Cuspidata* alt cinsine ait *S. jensenii* H. Lindb., *S. fallax* var. *isoviitae* (Flatberg) Lönnell & Hassel ve *S. recurvum* P. Beauv. taksonları Türkiye Briyofit Florası için yeni kayıtlar olarak tespit edilmiştir. İsmi geçen taksonlardan ilk üçü 2023 yılında Özen-Öztürk vd., tarafından yeni kayıt olarak yayınlanmıştır. Listede Türkiye Briyofit Florası için yeni kayıt olan taksonlar (+) şeklinde, Giresun ili için yeni kayıt olan takson ise (#) ile işaretlenmiştir.

Bununla birlikte bu kısımda ülkemizde yayılışa sahip olan *Sphagnum* cinsine ait alt cins, tür ve varyete seviyesindeki taksonların teşhis anahtarları ile tespit edilen tüm taksonların genişletilmiş betimleri verilerek resmedilmiştir. Farklı teşhis anahtarı modellerinin olmasına rağmen tezde diğerlerine göre daha düzenli olduğu düşünülen göndermeli teşhis anahtarı tercih edilmiştir.

##### 3.1.1 Tanımlanan *Sphagnum* Cinsinin Sınıflandırılması

Bitki listesinin hazırlanışı sırasında, öncelikle geçerli isim, sinonimlik durumlarının tespitinde ve otör isimlerinin verilmesinde Ros vd., 2013; Hodgetts, 2015; Hodgetts vd., 2020; Kürschner ve Frey, 2020 eserleri kullanılmış, sistematik düzenlemede ise Ros vd., 2013; Hodgetts vd., 2020; Kürschner ve Frey, 2020 eserleri dikkate alınmıştır. Türkiye *Sphagnum* yosunları yeni kayıt değerlendirmeleri için Uyar ve Çetin, 2004; Kürschner ve Erdağ, 2005; Kürschner ve Frey, 2011; Ros vd., 2013; Hodgetts, 2015; Hodgetts vd., 2020; Kürschner ve Frey, 2020 kontrol listelerinden ve Türkiye *Sphagnum* yosunları için yayınlanmış yeni kayıtlardan gözden geçirilerek karar verilmiştir.

BRYOPHYTA Schimp.

1. **Sphagnopsida** Schimp.

1. **Sphagnales** Limpr.

1. **Sphagnaceae** Dumort.

1. ***Sphagnum*** L.

1. *Acutifolia*

1. *Squarrosa*

2. *Acutifolia*

2. *Cuspidata*

3. *Rigida*

4. *Sphagnum*

5. *Subsecunda*

### 3.1.2. Ülkemiz *Sphagnum* Cinsinde Yer Alan Alt Cinsler İçin Teşhis Anahtarı

1- Gövde ve yan dalların kortikal hücreleri spiral fibrillere sahip, bitki kalın, yan dal yapraklar geniş, küt ve kukullat apikal **Subgenus *Sphagnum***

1- Gövde ve yan dalların kortikal hücreleri spiral fibrilsiz, bitki kalın veya değil, yan dal yapraklar akut, akuminat 2

2- Yan dal yapraklar (2-3 mm uzunluğunda) büyük ve geniş; hiyalin hücreler (hyalosistler) romboid (paralelkenar) şekilli, fotosentetik hücreler (klorosistler) oval şekilli,  $\pm$  her iki yüzeyde tamamen çevrelenmiş; yan dal korteks hücreleri tek ve büyük porlu; gövde yaprakları oldukça küçük ( $< 1.1\text{mm}$ ), triangular (üçgen şekilli); gövde enine kesitte korteks 2-3 katmanlı; kapitulum küçük **Subgenus *Rigida***

2- Yan dal yapraklar gövde yaprakların en fazla iki katı uzunluğunda veya hemen hemen aynı boyutta, dar ve uç kısmı sivri veya konik şekilli, eğer genişse hyalosistler uzun ve dar; klorosistler bir veya her iki yüzeyde açıkta 3

3- Yan dal yaprağı enine kesitte klorosistler triangular veya trapezoid (yamuk şeklinde), adaksiyal (konkav) yüzeyde geniş, abaksiyal (konveks) yüzeyde daha az biçimde açığa çıkmış; bitki yeşil, kahverengimsi, kırmızı, kırmızımsı veya pembe benekli-yeşil renkte

**Subgenus *Acutifolia***

3- Klorosistler yukarıdaki gibi değil veya yaprağın konkav yüzeyinde hafifçe açığa çıkmış

4- Gövde yaprakları büyük, lingulat (dil şekilli), 1.2-2.0 mm uzunluğunda, fibrilsiz; yan dal yaprakları aniden daralır ve skuaroz şekillidir, yan dal yaprağının ortasındaki porlar büyük, 12-40 µm çapında ve çok sayıda Sect. *Squarrosa*

4- Gövde yaprakları değişkenlik gösterir, büyük ve lingulat ise fibrillidir; yan dal yaprağı nadiren skuaroz şekilli, porlar küçük (<12 µm), eğer porlar büyükse hücre başına sadece 1 por düşer 5

5- Yan dal yaprakları lanseolat (mızrak şeklinde), kurduğunda undulat (dalgalı), içe kıvrık kenarlardan dolayı yaprak uç kısmı (akut) sivri; > 15 µm çapında porlar; yan dal yaprağı enine kesitte klorosistler triangular veya trapezoid; gövde enine kesitte korteks 2-3 katmanlı, bazen farklılaşmamış veya merkezi silindirden belirsiz bir şekilde farklılaşan bir katmana sahip **Subgenus *Cuspidata***

5- Yan dal yaprakları lanseolat-ovat, kurduğunda undulat değil; çoğunlukla <12 µm çapında porlar; yan dal yaprağı enine kesitte klorosistler fıçı biçimli; gövde enine kesitte korteks farklılaşmış ve 1-3 katmanlı **Subgenus *Subsecunda***

### 3.1.3. Subgenus *Sphagnum*

Kalın ve iri dalları olan yeşil, soluk yeşil, sarı-kahve, kahverengi, kırmızı renklerde olan bitkilerdir. Belirgin bir kapitulumu sahiptir. Fasikül 3-7 arasında değişen yan dallardan (pendent-sarkıcı (2-3) ve divergent-yayılcı (1-4) dallar) oluşur. Yan dallar 15-25 mm uzunluğunda, divergent (yayılcı) dallar uzun ve uca doğru gittikçe sivrilir, pendent (sarkıcı) dallar soluk renkte, ince ve yayılcı dallardan daha uzun ya da onun kadardır. Yan dal yaprakları şişkin görünümlü, uç kısmı kukuletalı ve uzunluğu 1.4-2.5 mm arasında, marjin dentikulattır (ufak dişlere sahip). Yaprağın konveks yüzeyindeki porlar 8-25 µm, hücre başına düşen sayı (0-)3-6(-16), hücrelerin birleşme noktasında triplet (üçlü), yaprak kenarının yakınındaki hücrelerin birleşme noktalarında (kommussürlerde) çok sayıda, konkav yüzeyde birkaç tane ve büyük olarak bulunur. Yan dal enine kesitte spiral fibrillerin çok sayıda (genellikle gövdeden daha iyi gelişmiş) olduğu büyük, silindirik hiyalin hücre tabakası ve distal uça tek geniş bir por bulunur. Yan dal yaprak enine kesitte fotosentetik hücreler oval veya triangular şeklindedir. Gövde kalın ve koyu yeşil, kahverengi, kırmızı-kahvemsidir. Gövde yaprakları dik veya sarkık, > 1 mm uzunluğunda, lingulat şeklinde, apeks (uç) kısmı 1-3 ince hiyalin hücrelerden oluşan fimbriat görünümlüdür. Gövde enine kesit 3-4 katmanlı kortikal (hiyalin) hücreler, bunlar çoğu zaman spiral fibrilli,

dış kortikal hücrelerinin dış yüzeylerindeki porlar 2-5 arası oldukça büyük, iç silindir koyu kahve-siyah renktedir.

Allopoliploidinin, *Sphagnum* alt cinsindeki türler arasında ortak bir özellik olduğu bulunmuştur (Cronberg, 2010). Örneğin, *Sphagnum palustre* L. ve *S. centrale* C.E.O. Jensen allopoliploid kökenlidir ve bu iki türün ortak bir ana türü vardır, ancak ikincisinde farklılık gösterirler (Karlin vd., 2010). Bu tür hibridizasyon, yosun popülasyonlarında, sahada tanımlamayı problemlili hale getirebilecek morfolojik varyasyon oluşturabilir.

*Sphagnum magellanicum* kompleksinin taksonomisinde büyük bir değişiklik meydana gelmiştir. Son araştırmalar (Hassel vd., 2018) *S. magellanicum* Brid.'un bir Avrupa türü olmadığını, Güney Amerika ile sınırlı olduğunu ve tüm Avrupa kayıtlarının *S. medium* Limpr. ve *S. divinum* Flatberg & Hassel olduğunu göstermiştir.

*S. papillosum* Lindb. revizyon projesi sırasında toplanmış ve Türkiye için yeni kayıt olarak tanımlanmıştır. Daha sonra Erata vd. (2021) tarafından Rize Anzer Vadisi'nden ikinci kayıt verilerek Türkiye bryoflorasına eklenmiştir.

1- Yan dal yaprak enine kesitte fotosentetik hücreler üçgen, yamuk, oval; bitkiler asla kırmızı değil 2

1- Yan dal yaprak enine kesitte klorosistler oval, tamamen hyalosistler ile çevrelenmiş, klorosistlerin hücre duvarları kalın; bitkiler genellikle kırmızımsı 4

2- Yan dal yaprağın konkav yüzeyi hiyalin hücrelerinin iç komissural duvarları papillalı

*S. papillosum* Lindb.

2- Yan dal yaprağın konkav yüzeyi hiyalin hücrelerinin iç komissural duvarları papillalı değil 3

3- Yan dal yaprağın klorosistleri oval-üçgen ile yamuk şekilleri arasında, konkav ve konveks yüzeyde ince duvarlı; gövde yapraklarının hyalosistleri genellikle fibrilli; bitkiler kalın, yeşil, kahverengimsi veya sarımsı; mezotrofik bataklıklarda, akarsularda ve ıslak ormanlık alanlarda bulunur

*S. palustre* L.

3- Yan dal yaprağın klorosistleri vazo şekilli, oval veya üçgenimsi, konkav yüzeyde kalın duvarlı; gövde yapraklarının hyalosistleri nadiren fibrilli; bitkiler kalın, sarımsı-yeşil veya sarımsı-kahverengi; mezotrofik turbalıklarda ve bataklıklarda bulunur

*S. centrale* C.E.O.Jensen

4- Bitkiler kalın, genellikle kırmızı; dallar küt; yan dal yaprak porları eliptik veya yarım daire şeklinde, yaprak tabanındaki porlar hücre genişliğinin yarısından fazlasını kaplar; oligotrofik turbalıklarda ve bataklıklarda bulunur *S. medium* Limpr.

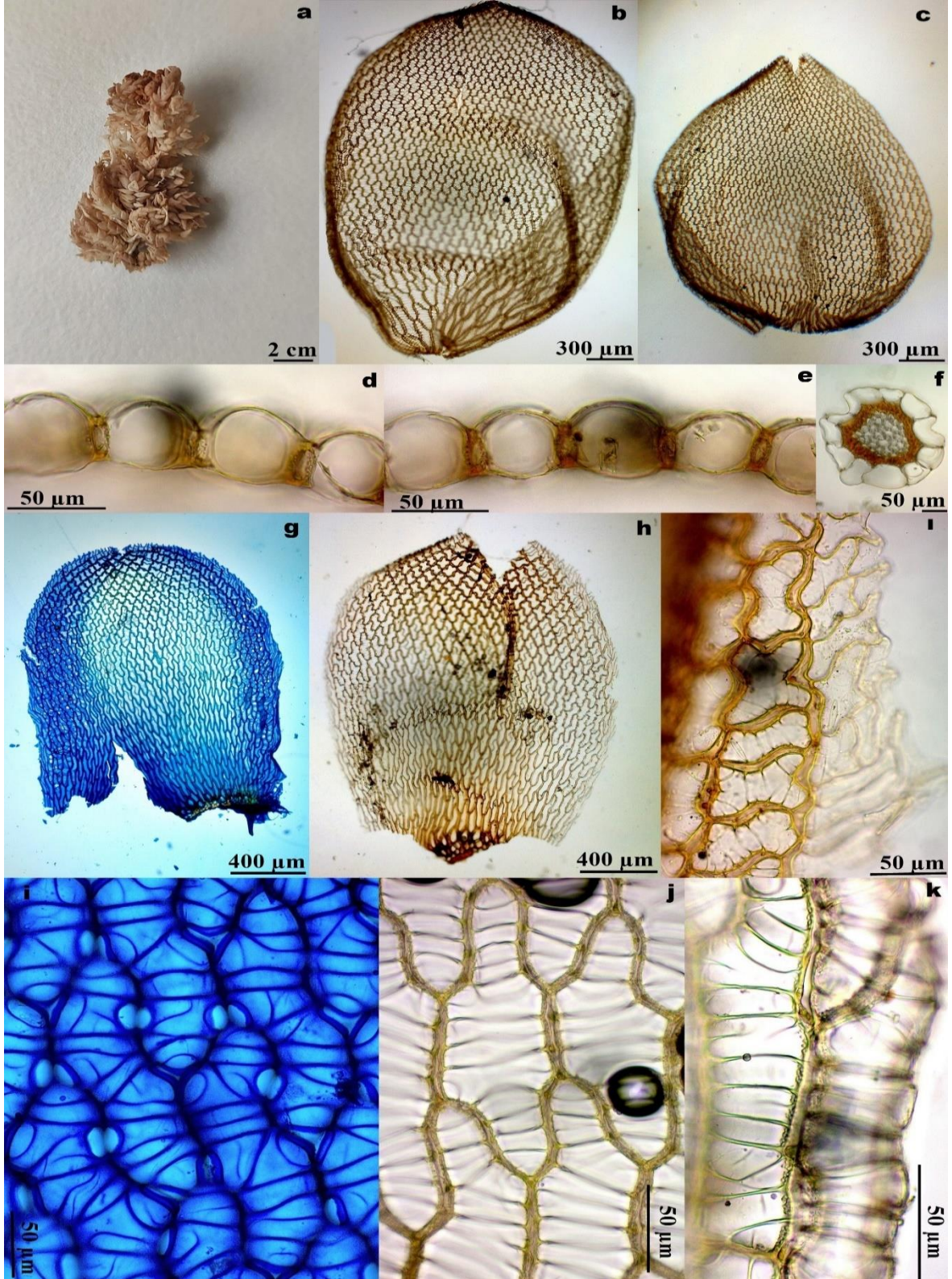
4- Bitkiler kalın, soluk yeşil ile benekli yeşil ve pembe ile morumsu kırmızı renkte; yan dallar uzun, akut (sivri), yan dal yaprak porları eliptik veya yarım daire şeklinde, yaprak tabanındaki porlar hücre genişliğinin yarısından daha azını kaplar; minerotrofik turbalıklarda bulunur *S. divinum* Flatberg & Hassel

1. *Sphagnum papillosum* Lindb (Şekil 19).

İstasyonlar: 10, 11.





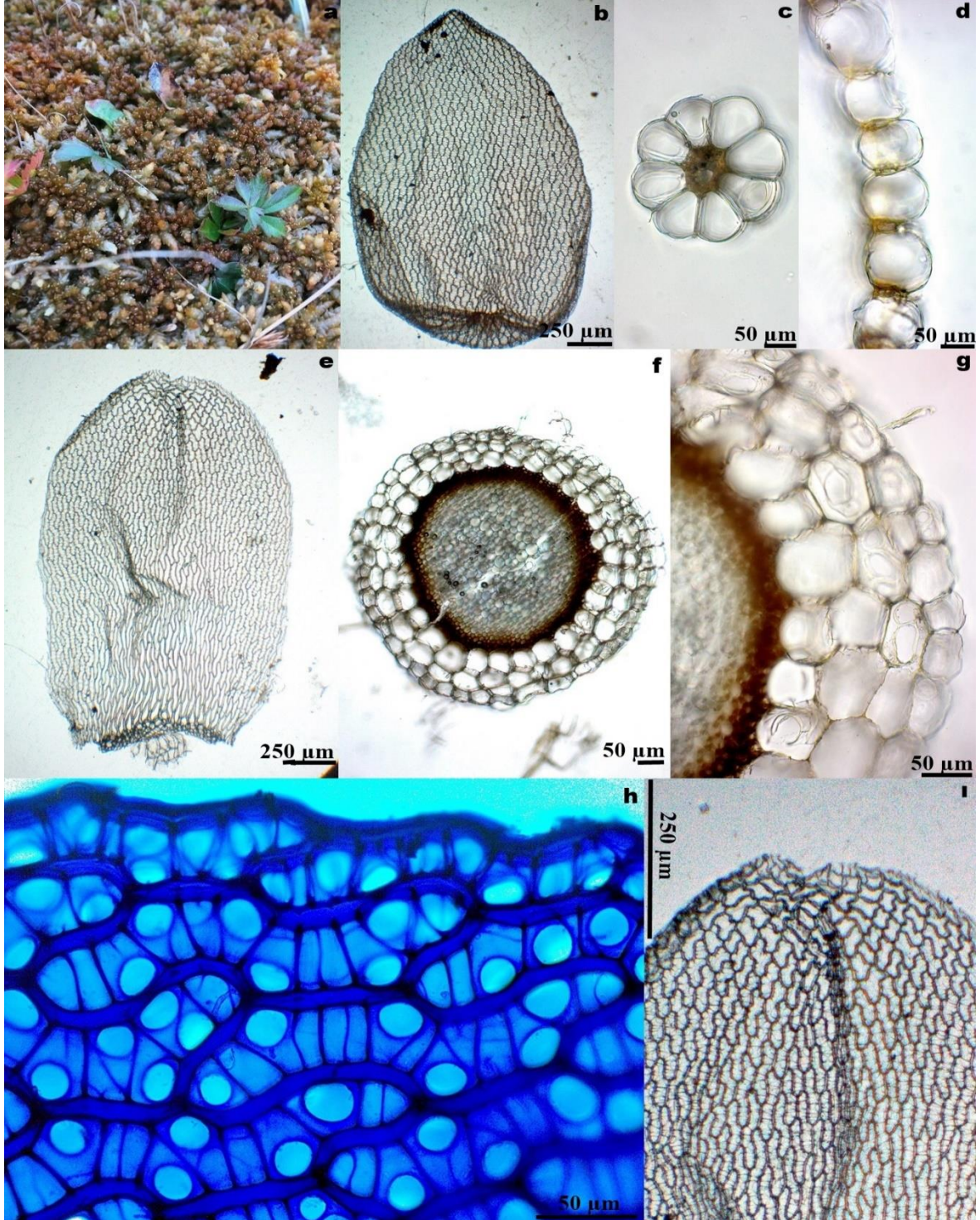


Şekil 19. *S. papillosum*; a) Gametofit, b-c) Yan dal yaprakları, d-e) Yan dal yaprağı enine kesitleri, f) Yan dal gövdesi enine kesiti, g-h) Gövde yaprakları, i) Gövde yaprağı kenar hücreleri, j) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, j-k) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri (İstasyon no: 11)



2. *S. palustre* L. (Şekil 20).

İstasyonlar: 4, 6, 9, 10, 11, 12.

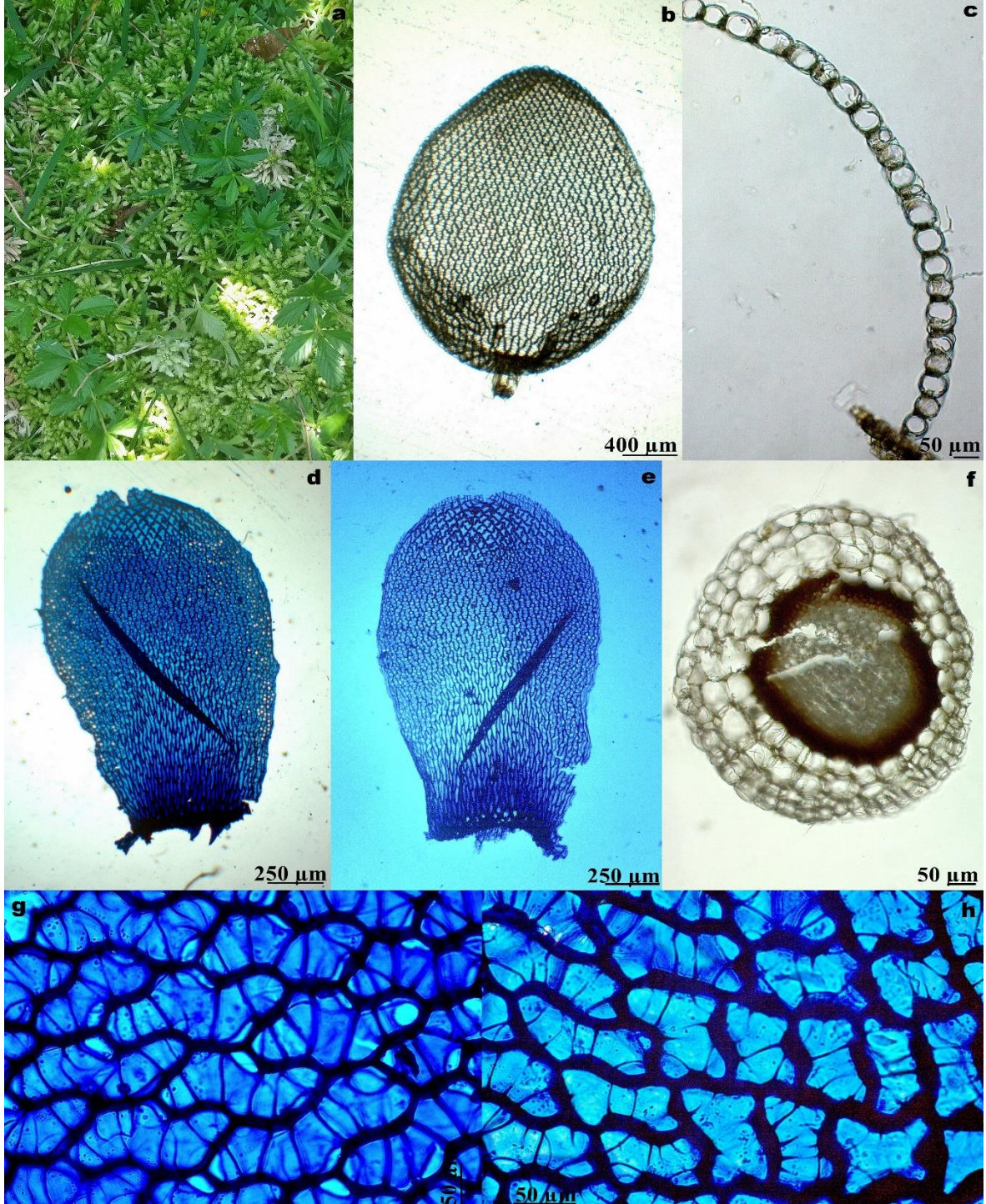


Şekil 20. *S. palustre*; a) Genel görünüm, b) Yan dal yaprağı, c-d) Yan dal gövdesi ve yaprağı enine kesiti, e) Gövde yaprağı, f-g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, i) Gövde yaprağı apeks kısmı (İstasyon no: 10)



3. *S. centrale* C.E.O.Jensen (Şekil 21).

İstasyonlar: 1, 4, 6, 9, 10, 14.

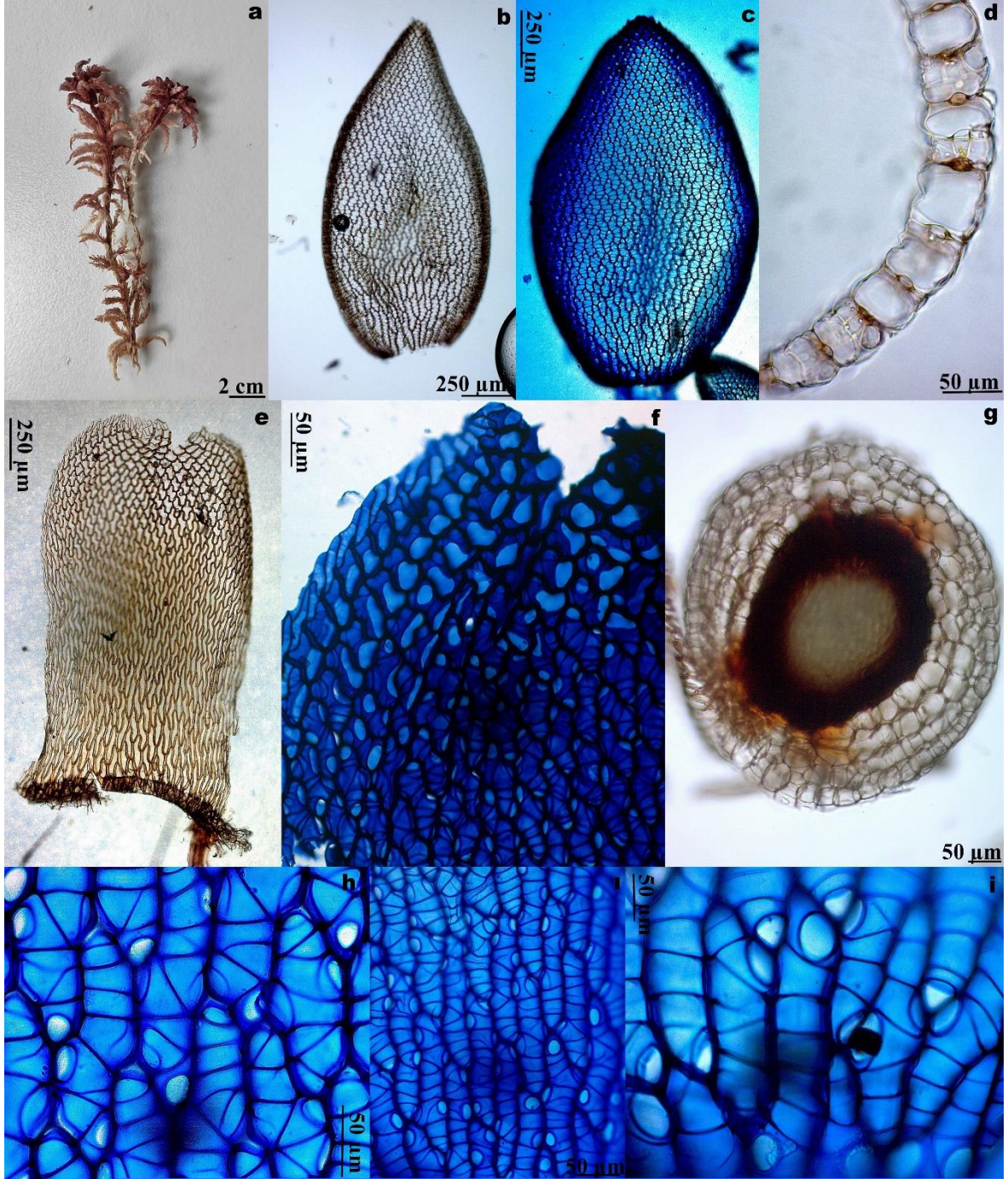


Şekil 21. *S. centrale*; a) Genel görünüm, b) Yan dal yaprağı, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d-e) Gövde yaprakları, f) Gövde enine kesiti, g) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, h) Gövde yaprağı hücreleri (İstasyon no: 4)



4. *S. medium* Limpr. (Şekil 22).

İstasyonlar: 10, 11.

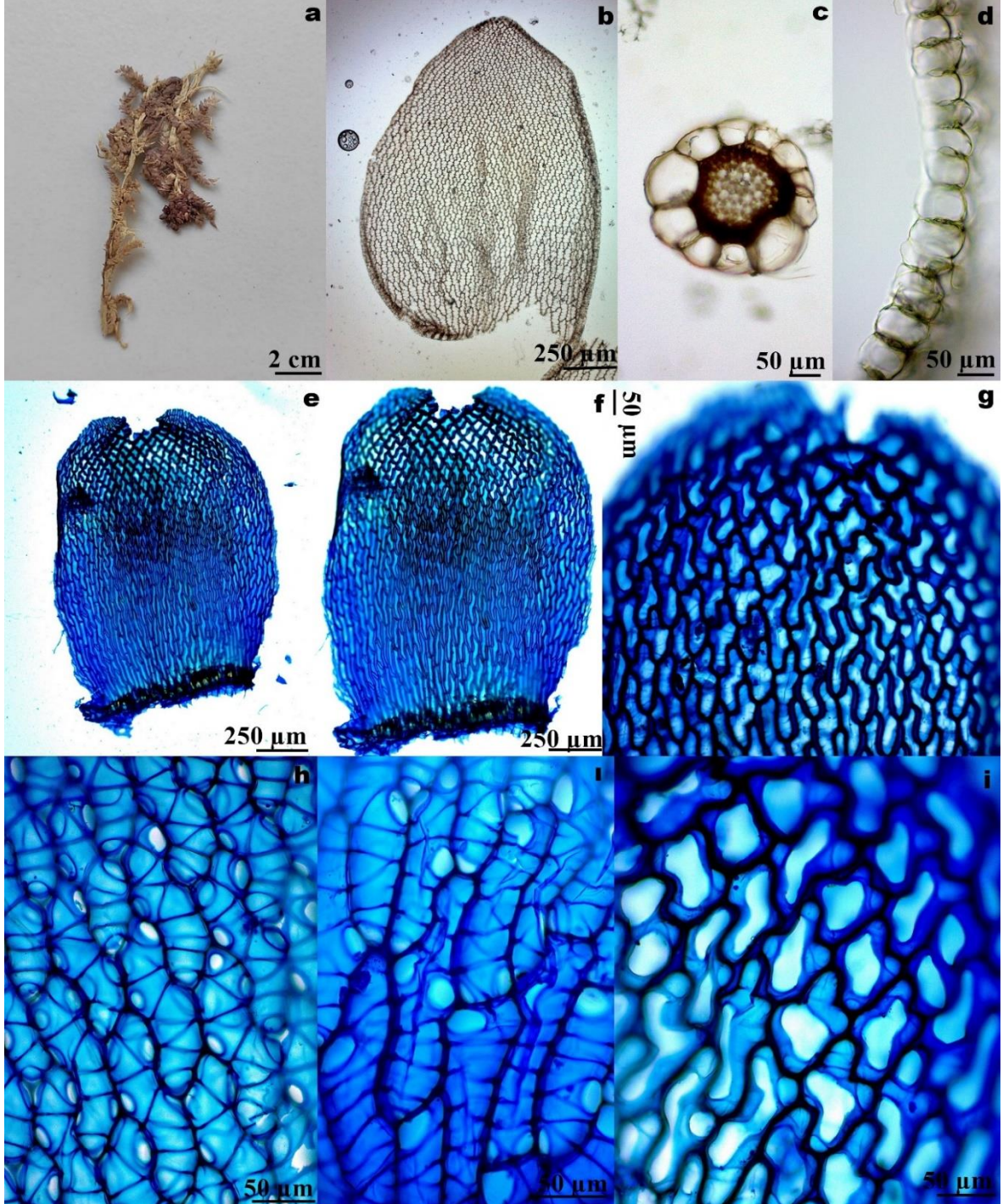


Şekil 22. *S. medium*; a) Gametofit, b-c) Yan dal yaprakları, d) Yan dal yaprağı enine kesiti, e) Gövde yaprağı, f) Gövde yaprağı apeks kısmı, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzeyi hücreleri, ı-i) Yan dal yaprağı konkav kısmı hücreleri (İstasyon no: 10)



5. *S. divinum* Flatberg & Hassel (Şekil 23).

İstasyonlar: 20.



Şekil 23. *S. divinum*; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c-d) Yan dal gövdesi ve yaprağı enine kesiti, e-f) Gövde yaprakları, g) Gövde yaprağı apeks kısmı, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, i) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, j) Gövde yaprak hücreleri (Mesut Kırmacı Herbaryumu, No: MKIR7383)

### 3.1.4. Subgenus *Rigida*

Genellikle alçak bataklıklarda kompakt oluşturan, soluk saman renginden koyu turuncu-kahverengiye kadar değişen bitkilerdir. Kapitulum yukarıya doğru yönelmiş yan dallarla gizlenir, böylece *Sphagnum*'dan çok *Leucobryum*'a benzeyebilir. Fasiküller genellikle 3 pendent (sarkıcı) ve 2 divergent (yayılcı) dallardan oluşur. Yan dallar genellikle dimorfik, divergent olan dallar kısa, pendent olan dallar ise ince, renksiz, değişken uzunlukta. Divergent dallar 10 mm'den kısa, pendent dallar ise 2-15 mm veya daha fazla uzunluktadır. Divergent dal yaprakları büyük, 3 mm veya üzerinde, ovat ile mızrak, sıklıkla skuaroz şeklinde ve genellikle kıvrılma veya bükülme noktasında aniden daralır; apeks genellikle belirgin dişlerle kesilmiş bir görüntüye sahiptir. Pendent dal yaprakları ise dar, lineer ve incedir. Yan dal yaprak hiyalin hücreleri nispeten büyük ve kısa, konveks yüzeyde 0-12 porlu, konkav yüzeyde üç hiyalin hücrenin birleşme noktasında (psödolakuna) üçlü por yapısı vardır, bunun dışında sadece birkaç por vardır veya hiç yoktur. Yan dal enine kesitinde fotosentetik hücreler oval ve ince duvarlıdır. Gövde yaprakları oldukça küçük, yuvarlak apeksli, lingulat-üçgen şeklindedir. Gövde yaprak hiyalin hücreleri fibrilsiz veya nadiren fibrillidir. Gövde enine kesiti 2-3 katmanlı şişkin kortikal (hiyalin) hücrelerden oluşur. Bitki kompakt oluşturduğu için apikal tomurcuk görünmez şekildedir. Genellikle oligotrofik battaniyemsi bataklıklarında bulunur.

*Rigida* alt cinsi, ikisi Avrupa'da bulunan 5 tür taksonu içerir. Türler, Antartika dışında dünya çapında bulunur.

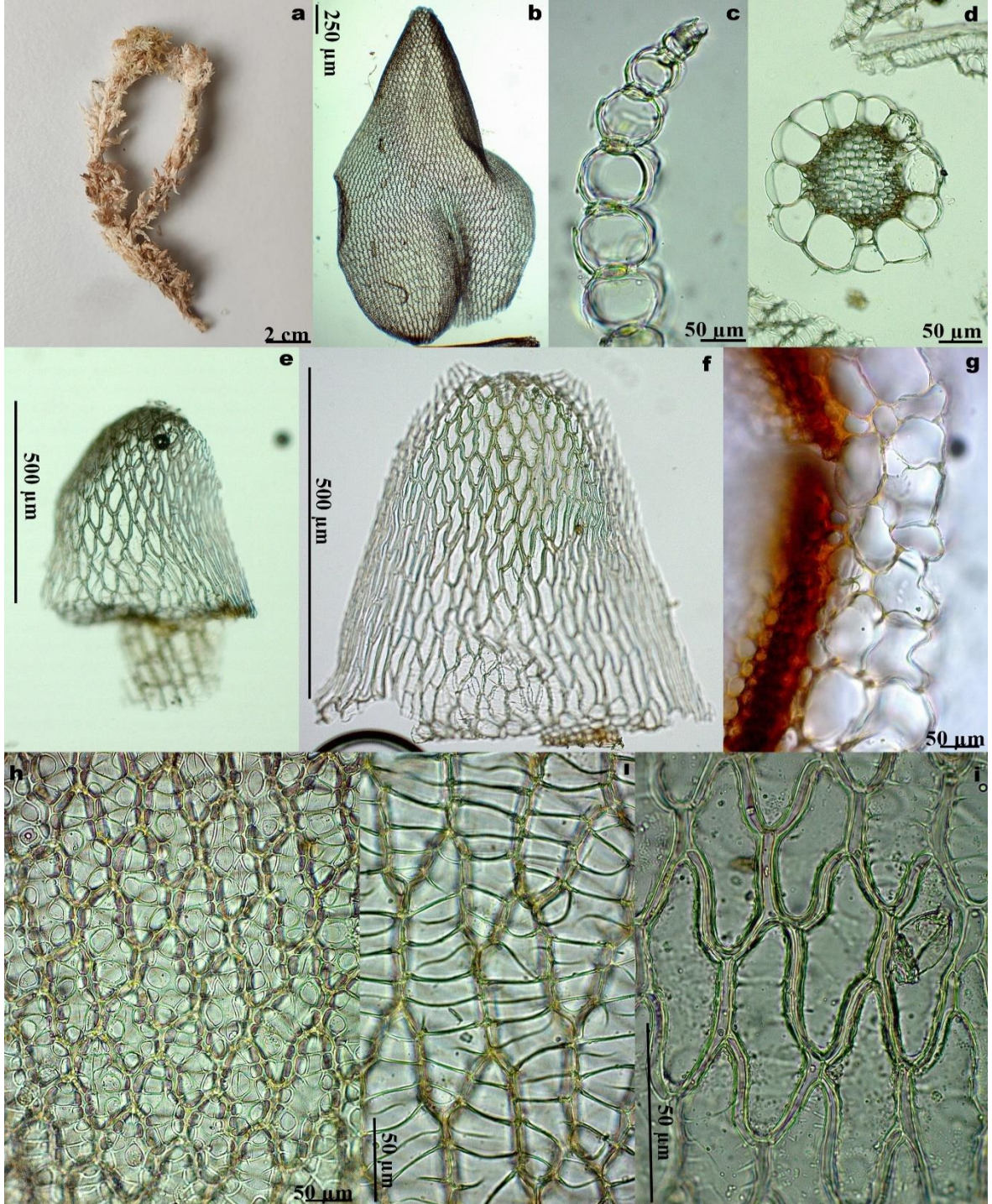
1- Bitkiler beyazımsı yeşil, sarımsı veya kırmızımsı kahverengi; gövde koyu kahverengi ile siyaha yakın renkte; yan dallar, kapitulayı ayırt etmeyi zorlaştıracak şekilde yoğun ve kalabalık; gövde yaprakları çok küçük (0,8 mm uzunluğa kadar); ıslak çalılıklarda ve oligotrofik battaniyemsi bataklıklarında kompakt şekilde bulunur

*S. compactum* Lam. & DC.



6. *S. compactum* Lam. & DC. (Şekil 24).

İstasyonlar: 11, 12.



Şekil 24. *S. compactum*; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c-d) Yan dal yaprağı ve gövdesi enine kesiti, e-f) Gövde yaprakları, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, ı) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, i) Gövde yaprağı hücreleri (İstasyon no: 12)

### 3.1.5. Subgenus *Acutifolia*

#### 3.1.5.1. Seksiyon (Section): *Squarrosa*

Bitkiler değişik boyutlarda ve genelde kalın, yeşil, sarımsı veya bazen kahverengimsi ve büyük bir apikal tomurcuğa sahiptir. Fasiküller 4-6 daldan oluşan (genelde 2-3 divergent dal) dimorfik yapıdadır. Yan dal yaprakları ovat veya ovat-lanseolat şeklindedir. *S. squarrosom*'da yaprak uçları belirgin bir şekilde skuarozdur. Hiyalin hücreler her iki yüzeyde de porlara sahiptir; fotosentetik hücreler üçgen veya yamuk şekildedir ve her iki yüzeyde de açığa çıkar ancak konveks yüzeyde daha geniştir. Gövde yeşil veya açık kahverengidir ve 2-4 katmanlı hiyalin hücrelerden oluşan kortekse sahiptir. Gövde yaprakları büyük, dik ve geniş yuvarlak ucu ile lingulat bir şekle sahiptir. Gövde yaprağı hiyalin hücreleri fibrilsizdir. Minerotrofik turbalıklarda yaygın olarak bulunur.

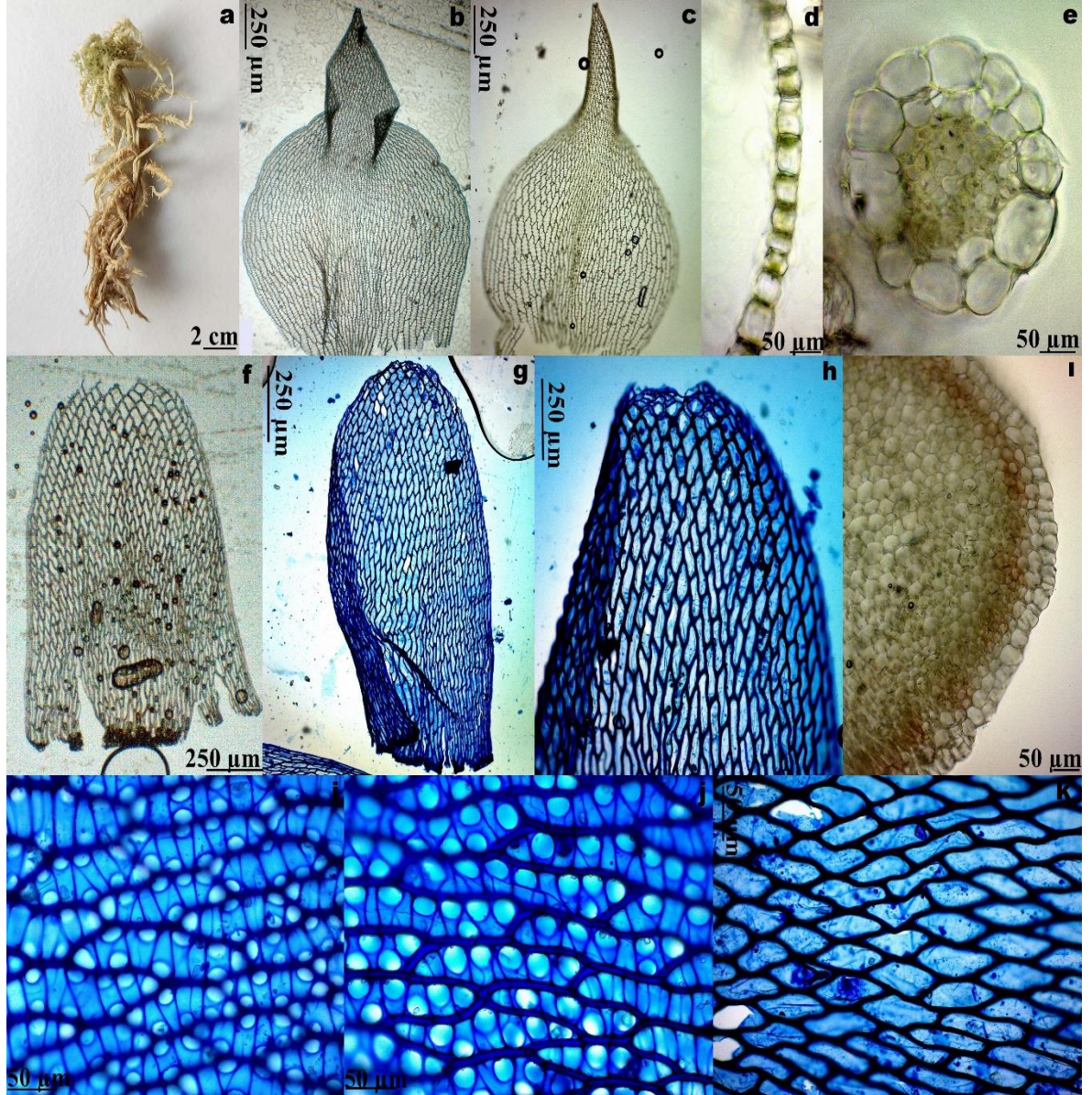
1- Bitkiler yeşil, sarımsı veya hafif kahverengimsi; yan dal yaprakları genellikle büyük (> 2.3 mm uzunluğunda), skuaroz şeklinde ve bitkiye dikenli bir görünüm verir; ormanlık alanlardaki bataklıklarda veya göller ve yüksek arazilerdeki su akıntılarıyla dolu bataklık zemininde bulunur *S. squarrosom* Crome

1- Bitki ince ve küçük (<2,2 mm uzunluğunda), sarımsı yeşil veya genellikle kahverengi, nadiren tamamen yeşil; belirgin bir apikal tomurcuğa sahip; gövde kahverengi renkte; yan dal yaprakları skuaroz veya değil; bataklıklarda, ormanlık alanlardaki bataklıklarda ve dere kenarlarında bulunur *S. teres* (Schimp.) Ångstr.



7. *S. squarrosus* Crome (Şekil 25).

İstasyonlar: 1, 2, 4, 6, 14, 19.

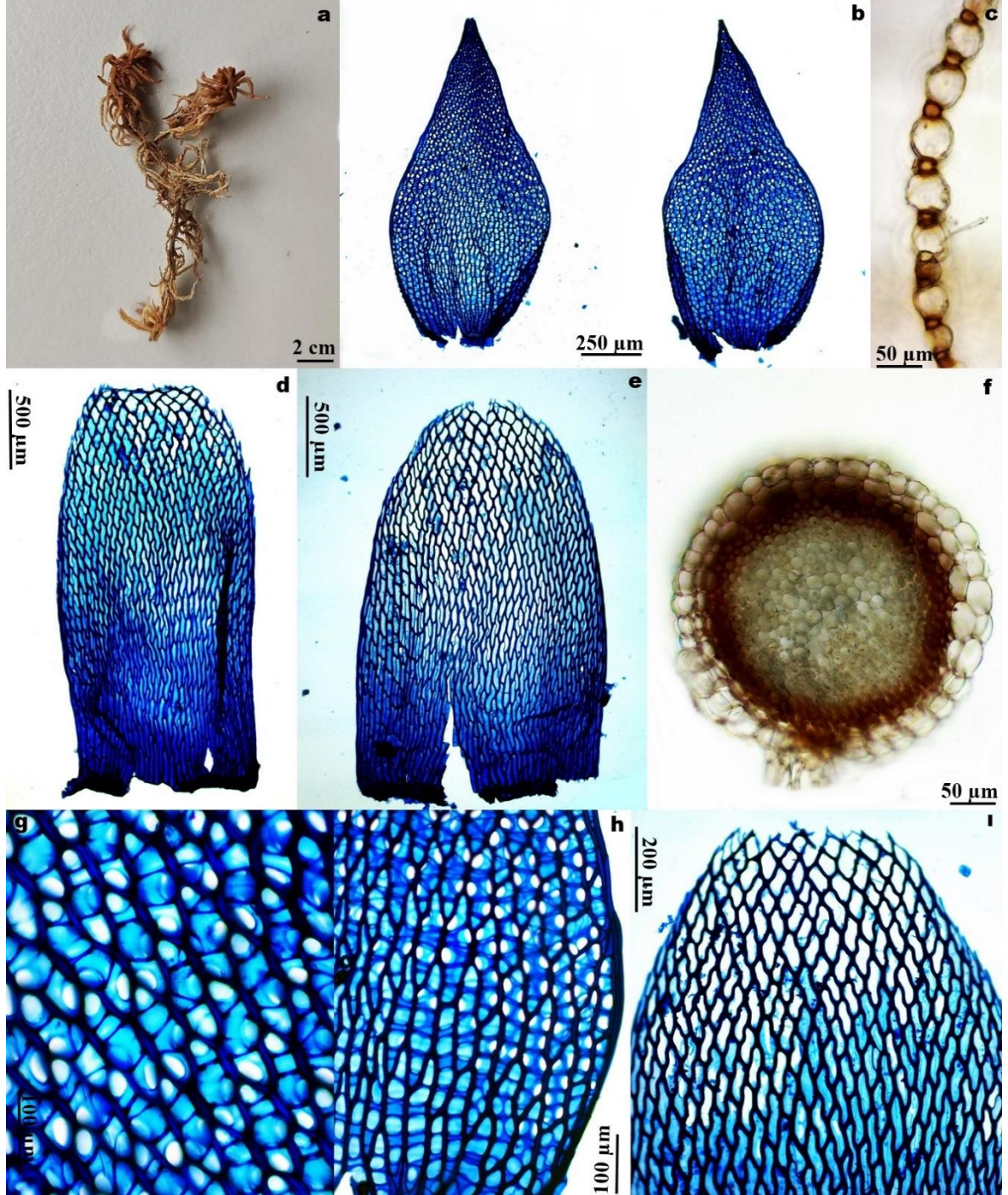


Şekil 25. *S. squarrosus*; a) Gametofit, b-c) Yan dal yaprakları, d-e) Yan dal yaprağı ve gövdesi enine kesiti, f-g) Gövde yaprakları, h) Gövde yaprağı apeks kısmı, i) Gövde enine kesiti, j) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, k) Gövde yaprağı hücreleri (İstasyon no: 2)



8. *S. teres* (Schimp.) Ångstr. (Şekil 26).

İstasyonlar: 1, 2, 4, 6, 9, 14, 16.



Şekil 26. *S. teres*; a) Gametofit, b) Yan dal yaprakları, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d-e) Gövde yaprakları, f) Gövde enine kesiti, g) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, h) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, i) Gövde yaprağı apeks kısmı (İstasyon no:4)



### 3.1.5.2. Seksiyon (Section): *Acutifolia*

Genellikle küçük ile orta boyutta, uzun yan dallara ve iyi gelişmiş kapitulaya sahip (*S. fimbriatum* ve *S. girgensohnii* hariç) ince bitkilerdir. Bitkilerin rengi yeşil ile kırmızı arasında değişkenlik gösterir, nadiren kahverengi renkte de olabilir. Fasiküller iyi gelişmiş, genellikle 3-4 yan dallardan oluşur (5 yan dallardan oluşan *S. quinquefarium* hariç) ve dimorfik yapıdadır. Yan dal yaprakları genellikle 1.2-1.9 mm uzunluğunda, ovat-lanseolat şekillidir. Yan dal yaprağı konveks yüzeyinin hiyalin hücreleri genellikle komissürler ve köşelerde büyük halkalı porlara (ringed por) sahiptir (*S. warnstorffii*'de küçük halkalı por bulunur). Konkav yüzeyinde ise porsuz veya birkaç büyük ve sirküler por bulunur. Yan dal yaprağı enine kesitinde fotosentetik hücreler triangular şekildedir. Gövde rengi genellikle yeşil ile kırmızı renkleri arasındadır. Gövde yaprakları çoğunlukla yan dal yaprakları ile eşit boyutta, şekil olarak değişken, ovat ile lingulat arasında şekle sahip, spatulat veya fibrilli yapıdadır. Gövde yaprağı hiyalin hücreleri fibrilli veya fibrilsizdir. Gövde enine kesiti 2-4 katmanlı fibrilsiz ve geniş hiyalin hücrelerden oluşur. Minerotrofik ve oligotrofik turbalıklarda bulunur.

1- Gövde ve yan dal yaprakları benzer; yan dal yaprakları oval, kenar boyunca ve apeks (tepe kısmı) kısmı dişli (8'e kadar), marjinal rezorpsiyon oluklu (en dıştaki hücrelerin yan duvarlarının aşınmasıyla oluşan bir yaprağın kenarı boyunca kanal); bitkiler soluk yeşil, hafif pembemsi veya menekşe renkte; bataklıklarda bulunur *S. molle* Sull.

1- Gövde ve yan dal yaprakları farklıdır; yan dal yaprakları marjinal rezorpsiyon oluksuz 2  
2- Gövde yaprakları geniş, apeks (uç kısmı) kesik veya parçalı, hyalosistler (hiyalin hücreler) fibrilsiz; bitkiler yeşil, asla kırmızı değil 3

2- Gövde yapraklarının apeksi (uç kısmı) kesik veya parçalı değil, bazen aşınma olabilir; biraz kırmızı veya kahverengi renge sahip bitkiler 4

3- Gövde yaprakları spatula şekilli (aşağı dar, yukarı geniş), tepe kısmı geniş ve yuvarlak, hemen hemen her yerinde yırtılmış saçaklı görüntü; bitkiler nemli ormanlık alanda, fundalık ve çalılıklarda, dere kenarlarında ve bataklıklarda bulunur *S. fimbriatum* Wilson

3- Gövde yaprakları dil şeklinde, tepe kısmı çok genişlememiş, sadece yuvarlak tepede saçaklı; büyük, farklı porlara (gözeneklere) sahip gövde korteksi; bitkiler nemli ormanlık alanda, çimenli yamaçlarda ve bataklıkların kenar kısımlarında bulunur

*S. girgensohnii* Russow

4- Gövde yaprakları çoğunlukla tabandan tepeye doğru sivrilen üçgen veya üçgenimsi-dil şeklinde 5

4- Gövde yaprakları dil şeklinde, geniş bir şekilde yuvarlatılmış tepeye sahip, kenarlar  $\pm$  paralel 6

5- Her fasikülde 5 yan dal, bunların 3 ü divergent (yayılcı)

*S. quinquefarium* (Braithw.) Warnst.

5- Her fasikülde 3-4 yan dal, bunların 2 si divergent (yayılcı)

*S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw.

6- Gövde kahverengi renkte; bitkiler genellikle kahverengi, nadiren yeşil, asla kırmızı değil 7

6- Gövde yeşil, kırmızı veya violet renkte; bitkiler yeşil, kırmızı veya violet renkte 8

7- Bitkiler küçük, kurutulduğunda mat renkte; yan dal yapraklarının konveks yüzeyindeki hyalosistleri genellikle porsuz (varsa 12  $\mu$ m'den küçük); oligotrofik bataklıklarda bulunur

*S. fuscum* (Schimp.) H.Klinggr.

7- Bitkiler orta boyutta, kurutulduğunda mat renkte değil; yan dal yapraklarının konveks yüzeyindeki hyalosistlerin apikal uç kısmı genellikle 12-15  $\mu$ m çapında büyük porlara sahip; zayıf mezotrofik bataklıklarda bulunur

*S. subfulvum* Sjors

8- Bitkiler yeşilimsi, kırmızımsı-mor veya alacalı yeşil ve kırmızı; kapitulum düz ve yıldız şeklinde; yan dal yaprakları düz, belirgin bir biçimde prizmatik görünümlü, yaprağın apeksine yakın konvekste hiyalin hücreler oldukça küçük (2-6 (-8)  $\mu$ m çapında) ve belirgin her biri kalın bir halka ile çevrelenmiş ve yuvarlak görünen halkalı porlu; bataklıklarda bulunur

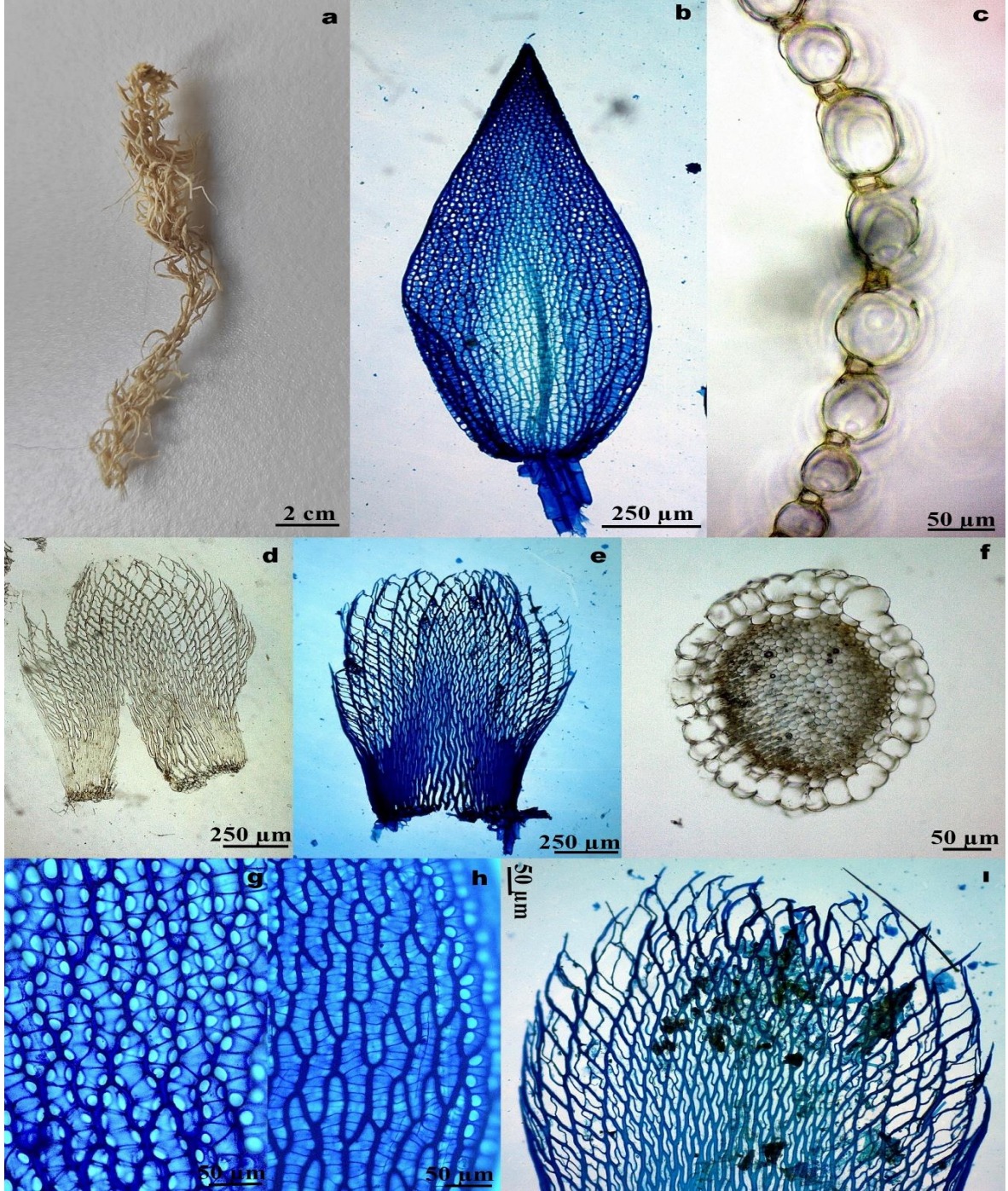
*S. warnstorffii* Russow

8- Bitkiler kırmızımsı, nadiren yeşil veya kahverengimsi; kapitulum düz; yan dal yapraklar sıklıkla kıvrık ve prizmatik görünümlü, bazen prizmatik görünümlü değil, yan dal yapraklarının hyalosistleri büyük yuvarlak porlu; bitkiler oligotrofik bataklıkların daha kuru kısımlarında ve açık ormanlık alanlarda bulunur

*S. rubellum* Wilson

9. #*S. fimbriatum* Wilson (Şekil 27).

İstasyonlar: 1, 14.

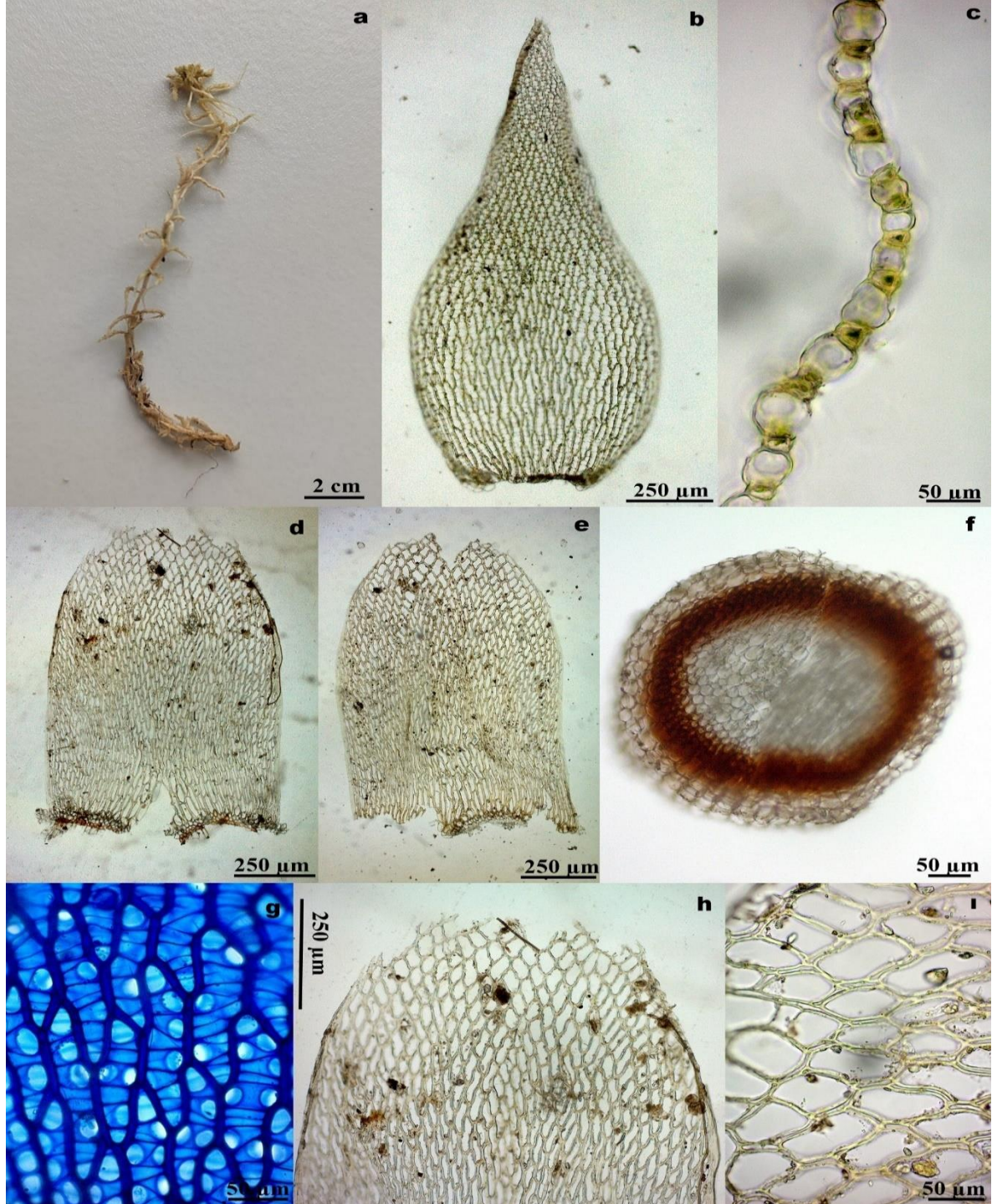


Şekil 27. *S. fimbriatum*; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d-e) Gövde yaprağı, f) Gövde enine kesiti, g) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, h) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, i) Gövde yaprağı apeks hücreleri (İstasyon no: 1)



10. *S. girgensohnii* Russow (Şekil 28).

İstasyonlar: 4, 10, 13, 14, 16.

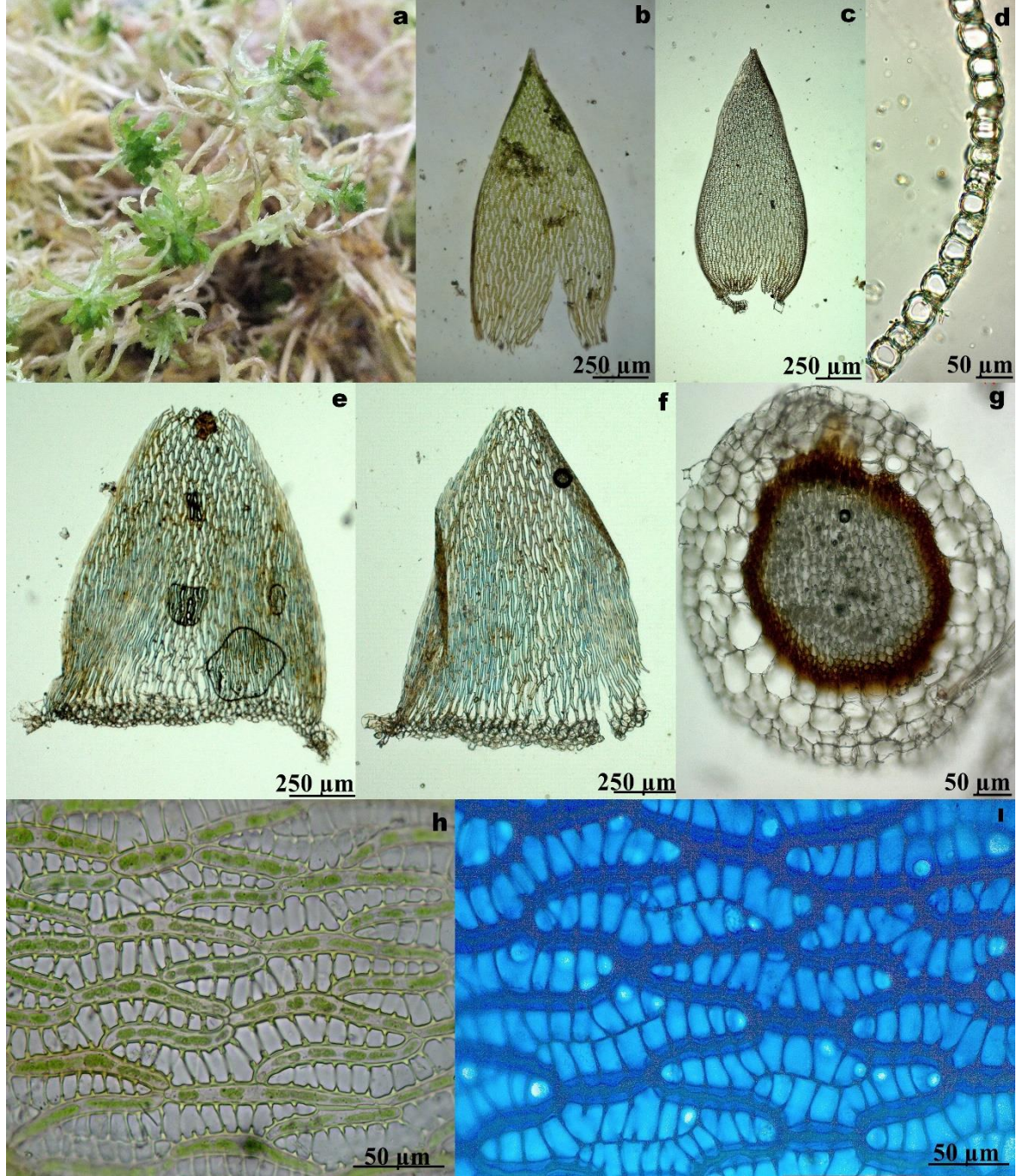


Şekil 28. *S. girgensohnii*; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d-e) Gövde yaprağı, f) Gövde enine kesiti, g) Yan dal yaprağı hücreleri, h) Gövde yaprağı apeks kısmı, i) Gövde yaprağı hücreleri (İstasyon no: 13)



11. *S. quinquefarium* (Braithw.) Warnst. (Şekil 29).

İstasyonlar: 7.

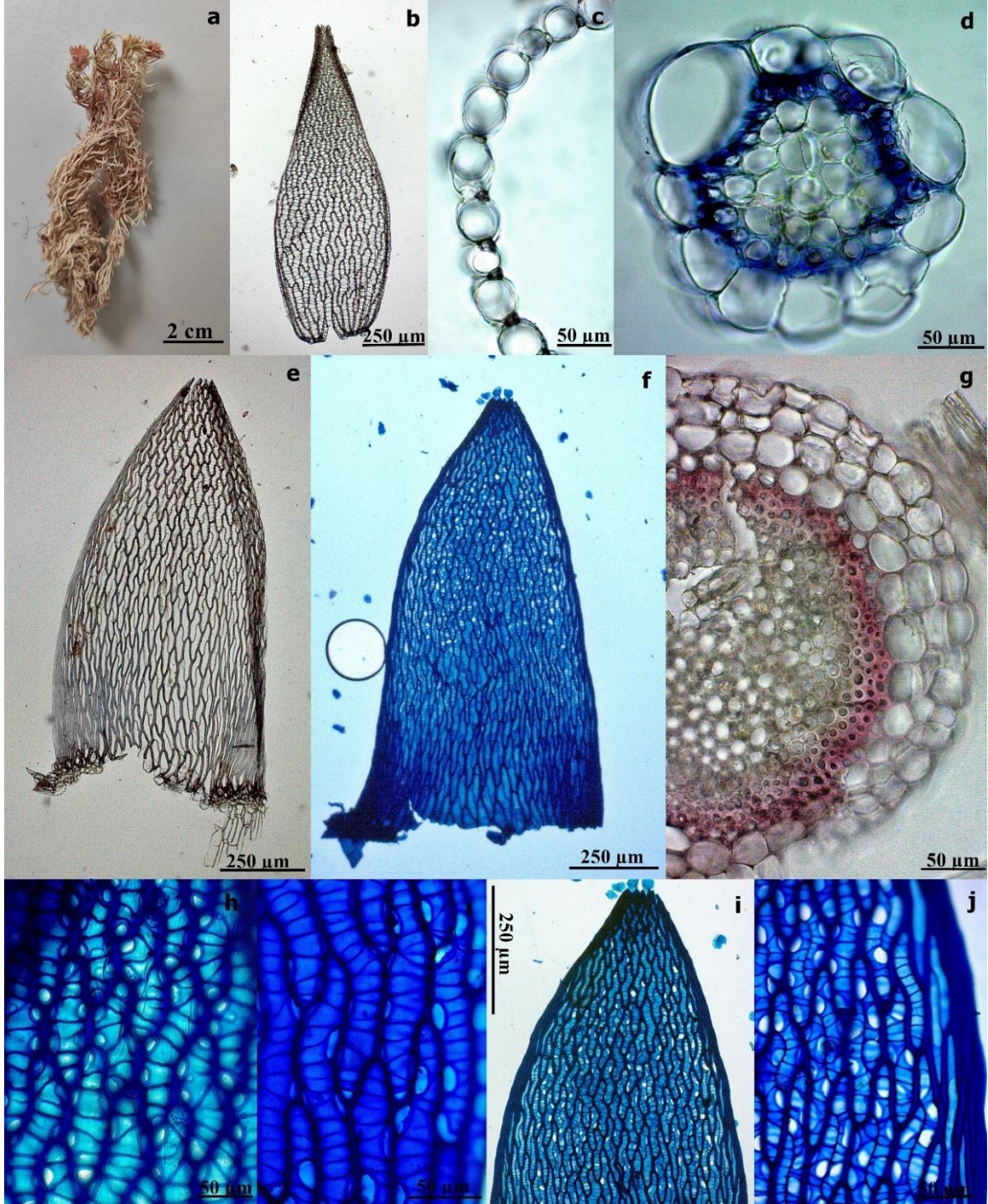


Şekil 29. *S. quinquefarium*; a) Genel görünüm, b-c) Yan dal yaprağı, d) Yan dal yaprağı enine kesiti, e-f) Gövde yaprağı, g) Gövde enine kesiti, h-i) Yan dal yaprağı hücreleri (İstasyon no: 7)



12. *S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw. (Şekil 30).

İstasyonlar: 1, 4, 10, 11, 12, 14, 15, 18.

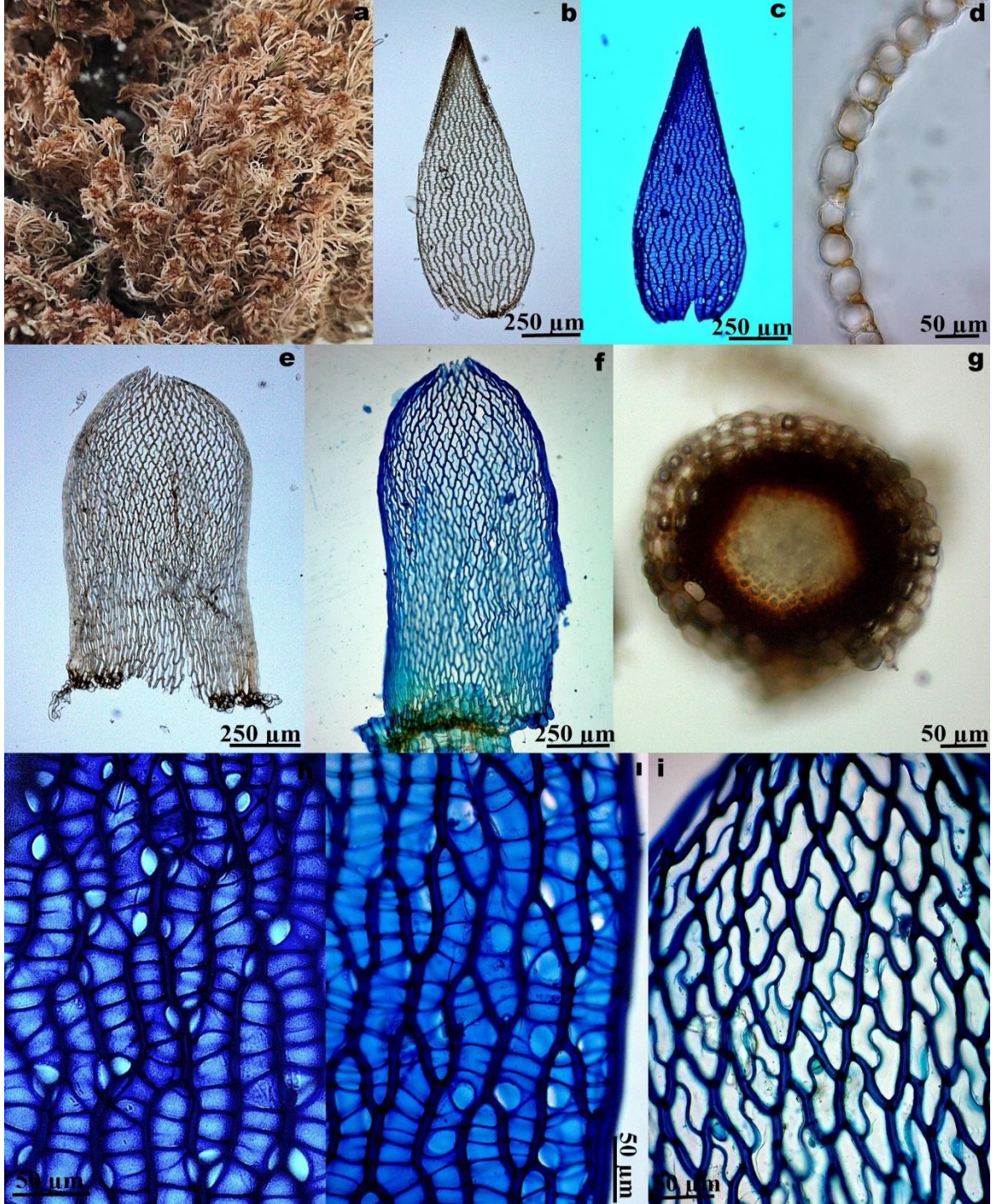


Şekil 30. *S. capillifolium*; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c-d) Yan dal yaprağı ve gövde enine kesiti, e-f) Gövde yaprağı, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, i) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, j) Gövde yaprağının apeks (uç) kısmı, j) Gövde yaprağı hücreleri (İstasyon no: 12)



13. *S. fuscum* (Schimp.) H.Klinggr. (Şekil 31).

İstasyonlar: 10, 11.

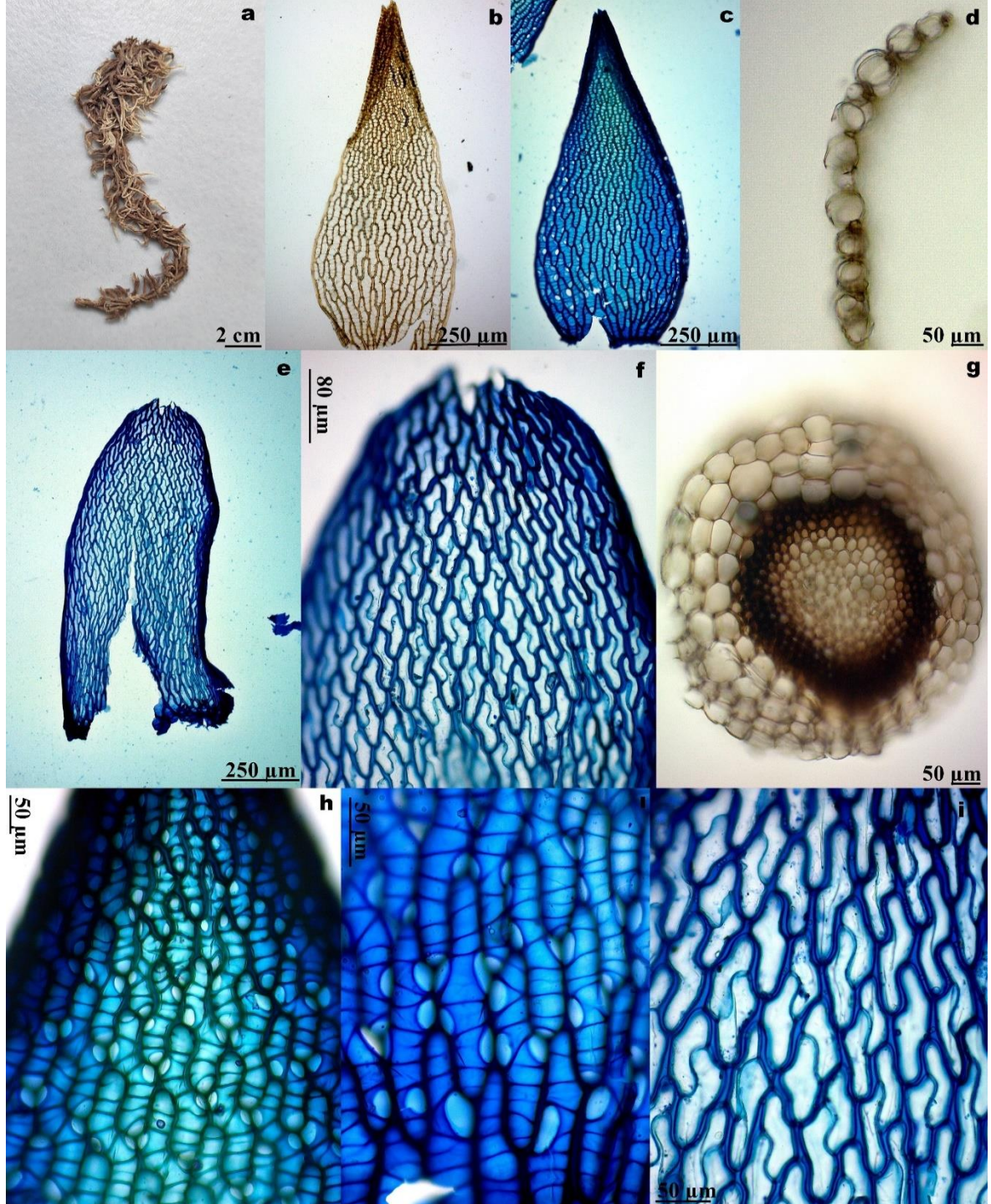


Şekil 31. *S. fuscum*; a) Genel görünüm, b-c) Yan dal yapraklar, d) Yan dal yaprağı enine kesiti, e-f) Gövde yaprağı, g) Gövde enine kesit, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, ı) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, i) Gövde yaprağı hücreleri (İstasyon no: 10)



14. *S. subfulvum* Sjörs (Şekil 32).

İstasyonlar: 10.

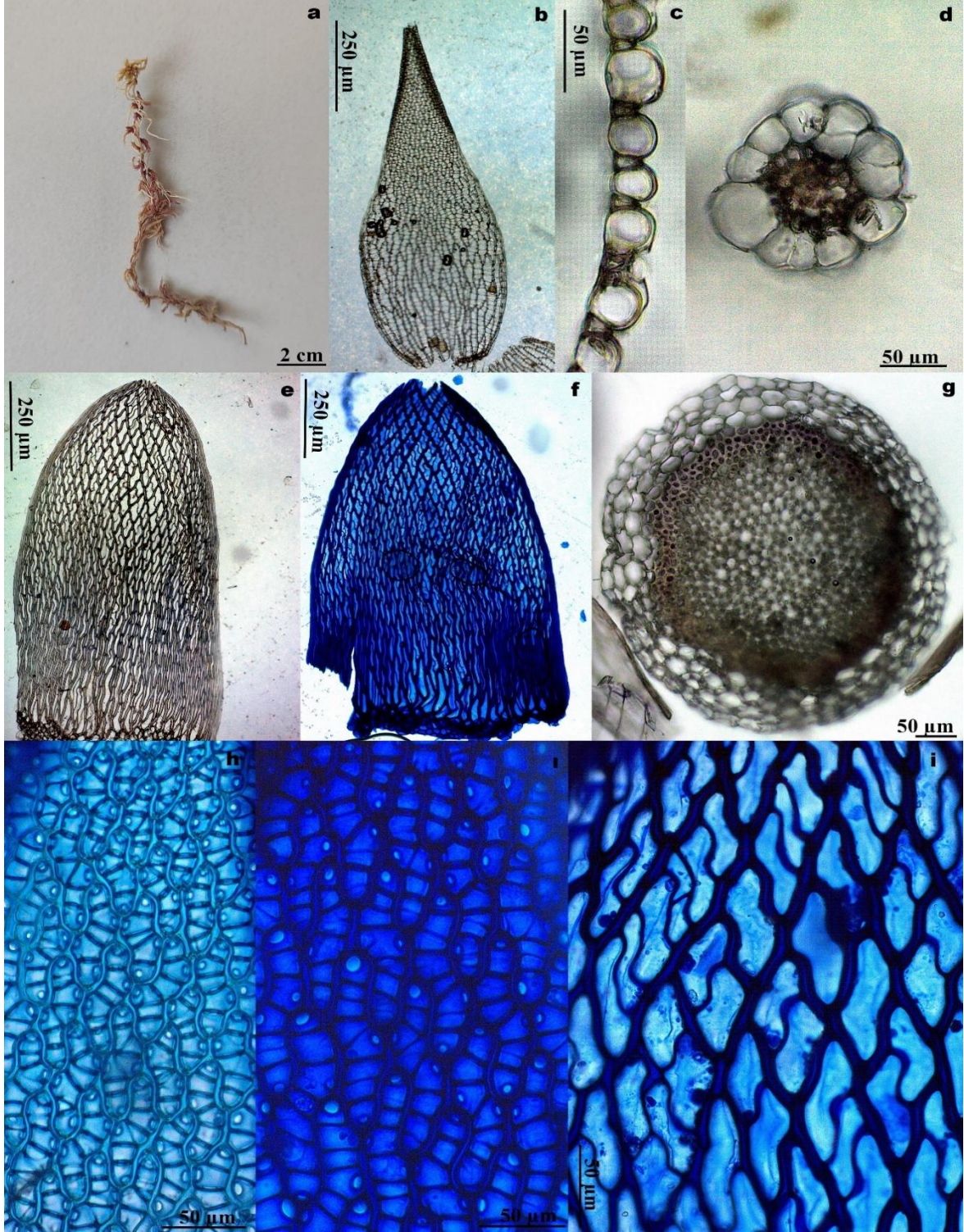


Şekil 32. *S. subfulvum*; a) Gametofit, b-c) Yan dal yaprakları, d) Yan dal yaprağı enine kesiti, e) Gövde yaprağı, f) Gövde yaprağı apeks kısmı, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, i) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, i) Gövde yaprak hücreleri (İstasyon no: 10)



15. *S. warnstorffii* Russow (Şekil 33).

İstasyonlar: 11, 15, 16.

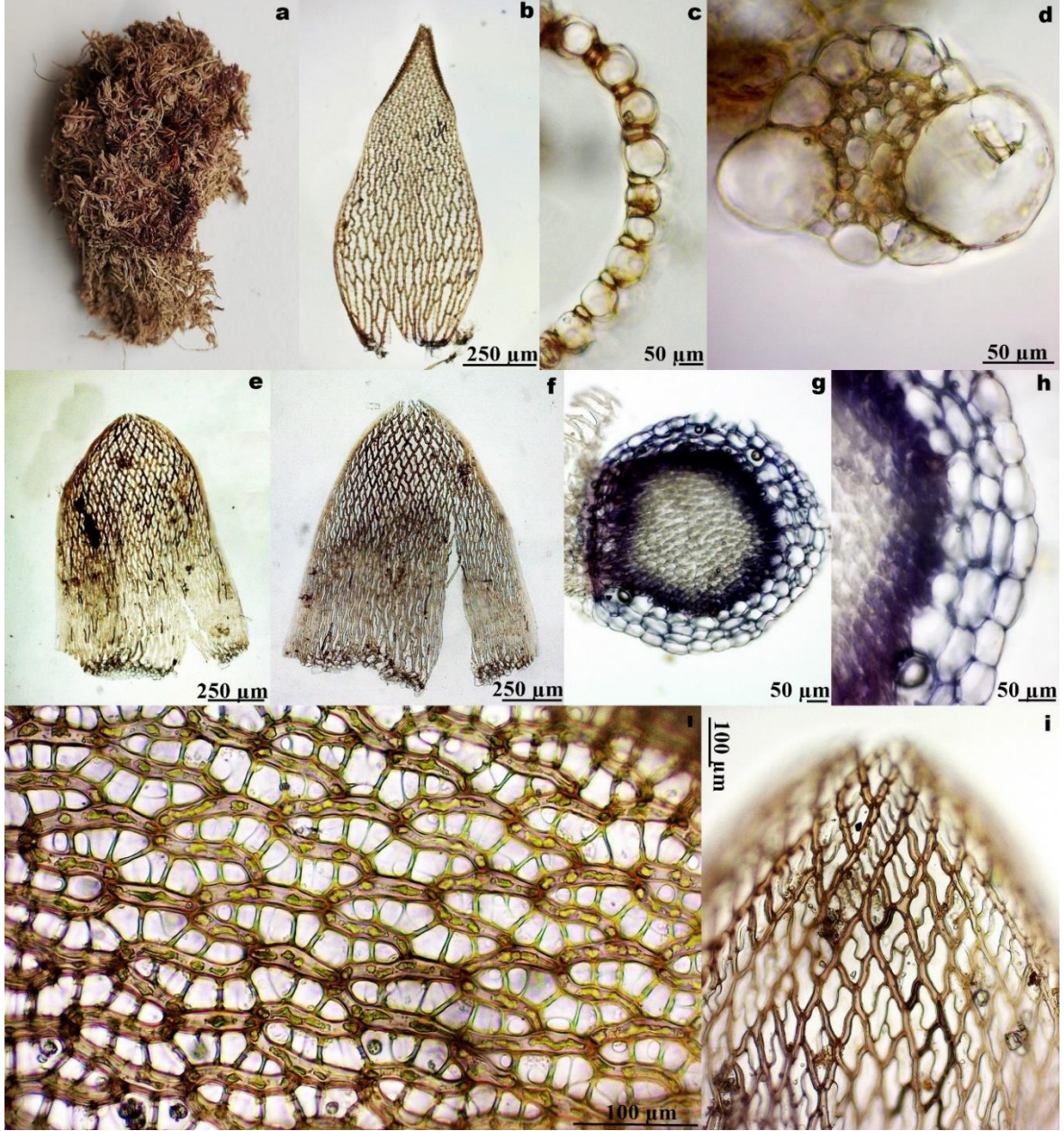


Şekil 33. *S. warnstorffii*; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c-d) Yan dal yaprağı ve gövdesi enine kesiti, e-f) Gövde yaprağı, g) Gövde enine kesiti, h-i) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, i) Gövde yaprağı hücreleri (İstasyon no: 15)



16. *S. rubellum* Wilson (Şekil 34).

İstasyonlar: 11, 14, 15.



Şekil 34. *S. rubellum*; a) Genel görünüm, b) Yan dal yaprağı, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d) Yan dal gövdesi enine kesiti, e-f) Gövde yaprakları, g-h) Gövde enine kesitleri, i) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, j) Gövde yaprağı apeks kısmı (İstasyon no: 14)



### 3.1.6. Subgenus *Cuspidata*

Bitkiler çoğunlukla orta büyüklükte, bazen küçük; çoğunlukla yeşil, sarı-yeşil veya kahverengi renktedir. Fasiküller monomorfik veya dimorfik yapıda olabilir. Fasikül sayısı 3-6 arasında değişir. Yan dal yaprakları ovat-lanseolat şeklindedir ve kıvrımlı kenar boşlukları nedeniyle sivridir. Yan dal yapraklarındaki hiyalin hücreler fibrilli; konveks yüzeyde birkaç (1-3) küçük porlu veya nadiren küçük veya orta büyüklükte karşılıklı iki sıralı veya olmayan porlar bulunur; konkav yüzeyde nadiren porsuzdur, çoğunlukla 2-6 veya daha fazla orta büyüklükte porlar bulunur. Yan dal enine kesitte fotosentetik hücreler triangular-trapezoid görünümünde ve genellikle konvekste en geniş şekilde açığa çıkmıştır. Gövde genellikle sarı, yeşil veya açık kahverengi rengindedir. Gövde yaprakları genellikle yan dal yapraklarından daha kısadır ve triangular-ovat şeklindedir. Gövde enine kesitinde farklılaşmamış veya az farklılaşmış olup 1-4 katmanlı, ince cidarlı bir korteks vardır. Genellikle oligotrofik ile mezotrofik bataklıklarda bulunur.

Lineer ile lanseolat şeklinde yan dal yapraklarına sahip olması, yan dal yaprağı adaksiyal yüzeyinde büyük porları olması, genişlemiş gövde yaprağı bordürü olması yönünden *Cuspidata* alt cinsinin tüm Avrupa türleri, *Subsecunda* alt cinsinden ayrılır.

Flatberg (1992, 1993), *Cuspidata* alt cinsinde bulunan altı taksonu "*Sphagnum recurvum* kompleks" veya "*recurvum* kompleks" adı altında toplamıştır. Bu taksonlar; *S. angustifolium* (Russow) C.E.O. Jensen, *S. brevifolium* (Braithw.), *S. fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr. var. *fallax*, *S. fallax* (H.Klinggr.) H.Klinggr. var. *isoviitae* (Flatberg) Lönnell & Hassel, *S. flexuosum* Dozy&Molk. ve *S. recurvum* P. Beauv. taksonlarıdır. Bu altı takson içinden *S. brevifolium* hariç bu tez kapsamı dahilinde tüm taksonların Türkiye'de yayılış gösterdiği bulunmuştur (Ören vd., 2017; Kırmacı vd., 2019; Özen-Öztürk vd., 2023).

1- Yan dal yaprakları ve gövde yaprakları boyut ve yapı olarak benzerdir

*S. tenellum* (Brid.) Pers. ex. Brid.

1- Yan dal yaprakları ve gövde yaprakları boyut ve yapı olarak farklıdır

2

2- Yan dal yaprağının bazal kısmındaki hiyalin hücreler, yaprağın orta kısmından daha uzundur ve konveks yüzeyinin apikal kısmında çok sayıda komissural pseudopor vardır

*S. jensenii* H. Lindb.

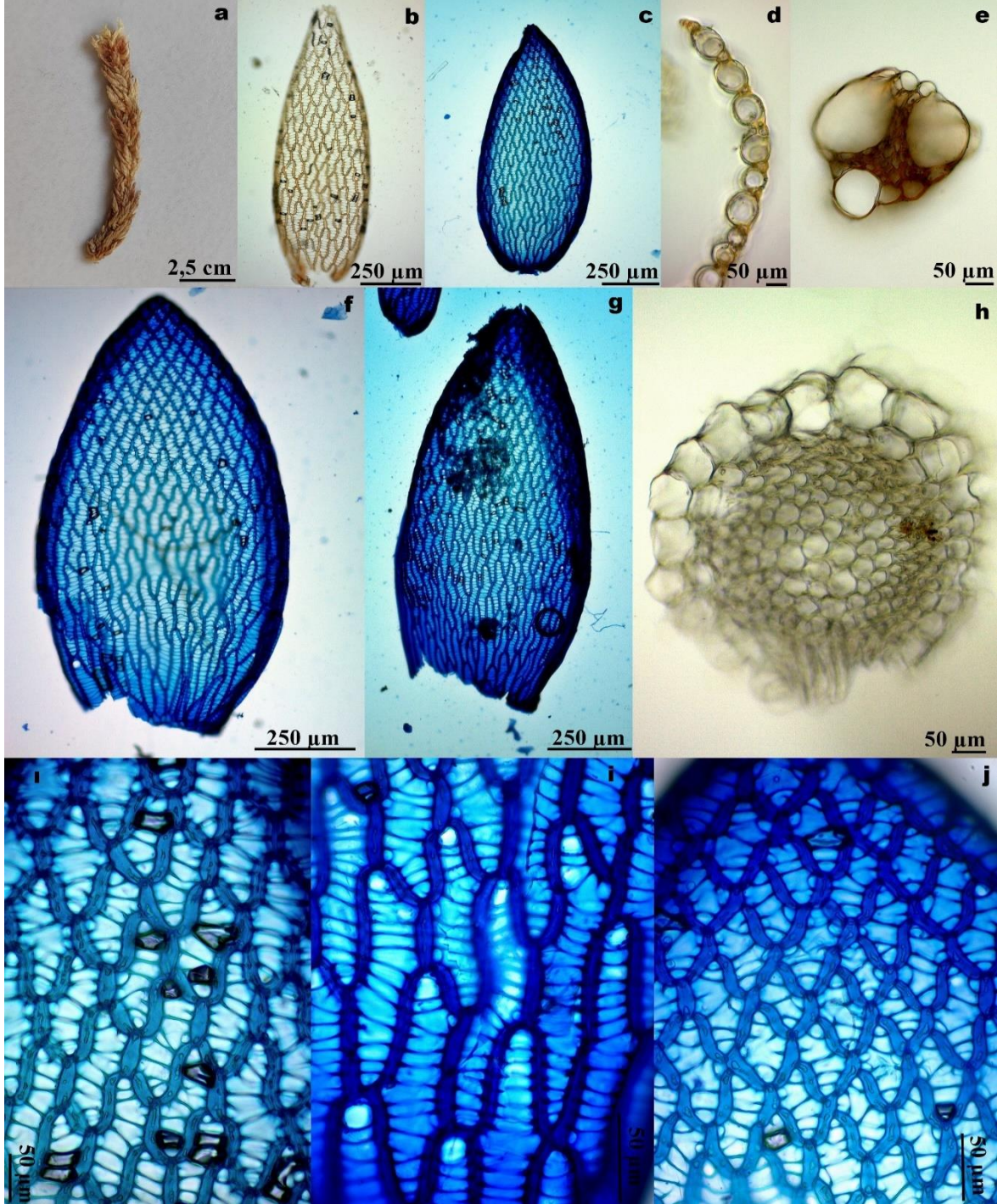
2- Özellikler yukarıdaki gibi değildir

3

- 3- Yan dal yaprağının konveks yüzeyindeki hyalosistler porsuz veya pseudoporsuz, bitki soluk yeşil veya sarımsı, sudan çıkarıldığında yan dallar fırça veya ıslak kedi kuyruğu görünümünde, apikal tomurcuk belirgin değil *S. cuspidatum* Ehr. ex Hoffm.
- 3- Yan dal yaprağının konveks yüzeyindeki hyalosistler porlu veya pseudoporlu 4
- 4- Gövde yaprak apeksi obtus ile truncat (tepesi kesik görüntü)-obtus, yuvarlak şeklinde, aşınmış veya değil 5
- 4- Gövde yaprak apeksi akut ile apikulat (kısa ve sivri ucu olan) şeklinde 7
- 5- Gövde enine kesitte net bir şekilde farklılaşmış 1-2 katmanlı hiyalin hücreli korteks bulunur *S. recurvum* P. Beauv.
- 5- Gövde enine kesitte farklılaşmamış korteks bulunur 6
- 6- Gövde yaprağı 0.8 mm'den daha kısa *S. angustifolium* (Russow) C.E.O. Jensen
- 6- Gövde yaprağı 0.8 mm'den daha uzun *S. flexuosum* Dozy&Molk.
- 7- Yan dal yaprakları özellikle kuruyken kıvrık, genellikle uzunlamasına sıralar halinde hizalanmamış veya belirsiz bir şekilde hizalanmış
- S. fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr. var. *fallax*
- 7- Yan dal yaprakları özellikle kuruyken *S. fallax* var. *fallax* örneğindeki kadar kıvrık değil, genellikle uzunlamasına sıralar halinde çok net şekilde hizalanmış
- S. fallax* (H.Klinggr.) H.Klinggr. var. *isoviitae* (Flatberg) Lönnell & Hassel

17. *S. tenellum* (Brid.) Pers. ex. Brid. (Şekil 35).

İstasyonlar: 20.

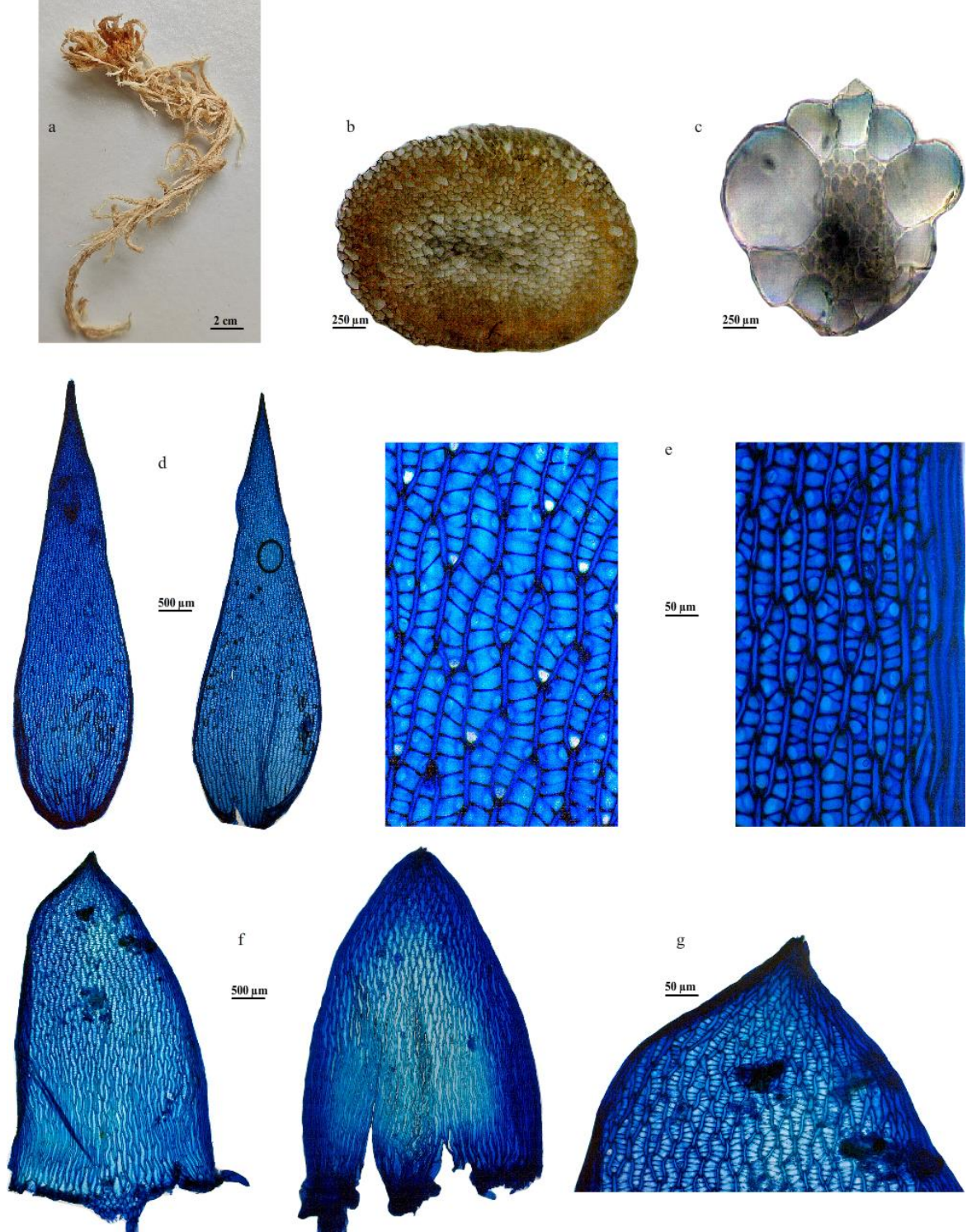


Şekil 35. *S. tenellum*; a) Gametofit, b-c) Yan dal yaprakları, d-e) Yan dal yaprağı ve gövdesi enine kesiti, f-g) Gövde yaprakları, h) Gövde enine kesiti, ı) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, i) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, j) Gövde yaprak hücreleri (İstasyon no: 20)



18. +*S. jensensii* H. Lindb. (Şekil 36).

İstasyonlar: 2



Şekil 36. *Sphagnum jensensii*; a) Gametofit, b)Gövde enine kesiti, c) Yan dal gövdesi enine kesiti, d) Yan dal yaprakları, e) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, f) Gövde yaprakları, g) Gövde yaprağı apeks kısmı (İstasyon no: 2)



Bitki 10-15 cm uzunluğunda, sarı-soluk kahverengi ile kahverengi renkleri arasında değişir. Kapitulum rengi soluk kahverengi ile sarı-kızılımsı-kahverengi arasındadır. Terminal tomurcuğu değişken şekilde görülebilir. Gövde soluk sarımsı renginde ve ince yapıdadır. Gövde yaprakları küçük, lingulat-triangular veya obtus apekse sahiptir. Gövde yaprağının apeks kısmındaki hiyalin hücreler fibriloz bulundurur. Gövde enine kesiti farklılaşmış 2-3 katmanlı oldukça dar hiyalin hücrelerden oluşan korteksi vardır. Fasikül sayısı 3-4 daldan oluşur; 2 tane divergent dallar uzun yapıdadır. Yan dal yaprakları gövde yapraklarının 2 katı uzunluğunda, ovat-lanseolat şekildedir. Yan dal yaprağının taban kısmındaki hiyalin hücreler orta kısmından daha uzundur. Yan dal yaprağı konveks yüzey hücrelerinde çok sayıda komissural pseudoporlar, yaprak ortasında 1-2 düzensiz sıra halinde değişen çok sayıda küçük porlar bulunur. Yan dal yaprağı konkav yüzey hücrelerinde birkaç pseudoporlar vardır. Yan dal yaprağı enine kesitinde fotosentetik hücrelerin şekli, ovat ile ovat-triangular arasında değişir.

*S. jensenii*, *Cuspidata* alt cinsinde bulunur ve *S. annulatum* H. Lindb. ex Warnst. ile *S. balticum* (Russow) C.E.O. Jensen taksonlarına oldukça benzerdir. *S. jensenii* *S. annulatum*'a göre daha büyük bir bitkidir ve *S. annulatum*'da olduğu gibi dallarda kıvrılma yoktur. Ayrıca *S. jensenii*'de yan dal yapraklarının konveks yüzey hiyalin hücrelerinde genellikle 1 sıra halinde veya 1 ve 2 sıranın karışımları halinde düzensiz şekilde bulunan küçük porlar bulunurken, *S. annulatum*'da 2 sıra halinde porlar, *S. balticum*'da ise hiyalin hücrelerin üst uç kısmında 1 ile 2-3 arasında değişen büyük ve dairesel porlar vardır. *S. jensenii*'de gövde enine kesitinde farklılaşmış korteks yapısı bulurken, *S. annulatum* taksonunda farklılaşmamıştır. Ayrıca *S. jensenii*'nin gövde yaprağı *S. annulatum*'a göre daha kısadır.

**Ekolojisi:** Minerotrofik turbalık alanlarda, göletlerde, ıslak ve battaniyemsi bataklıklarda (Dierben, 2001) ve alpin çayırarda kısmen su altında bulunur. Yaygın olarak *S. majus* (Russow) C.E.O. Jensen ile birlikte, ayrıca *S. lindbergii* Schimp., *S. riparium* Ångstr. veya *S. annulatum* ile birlikte de bulunabilir (Daniels ve Eddy, 1985).

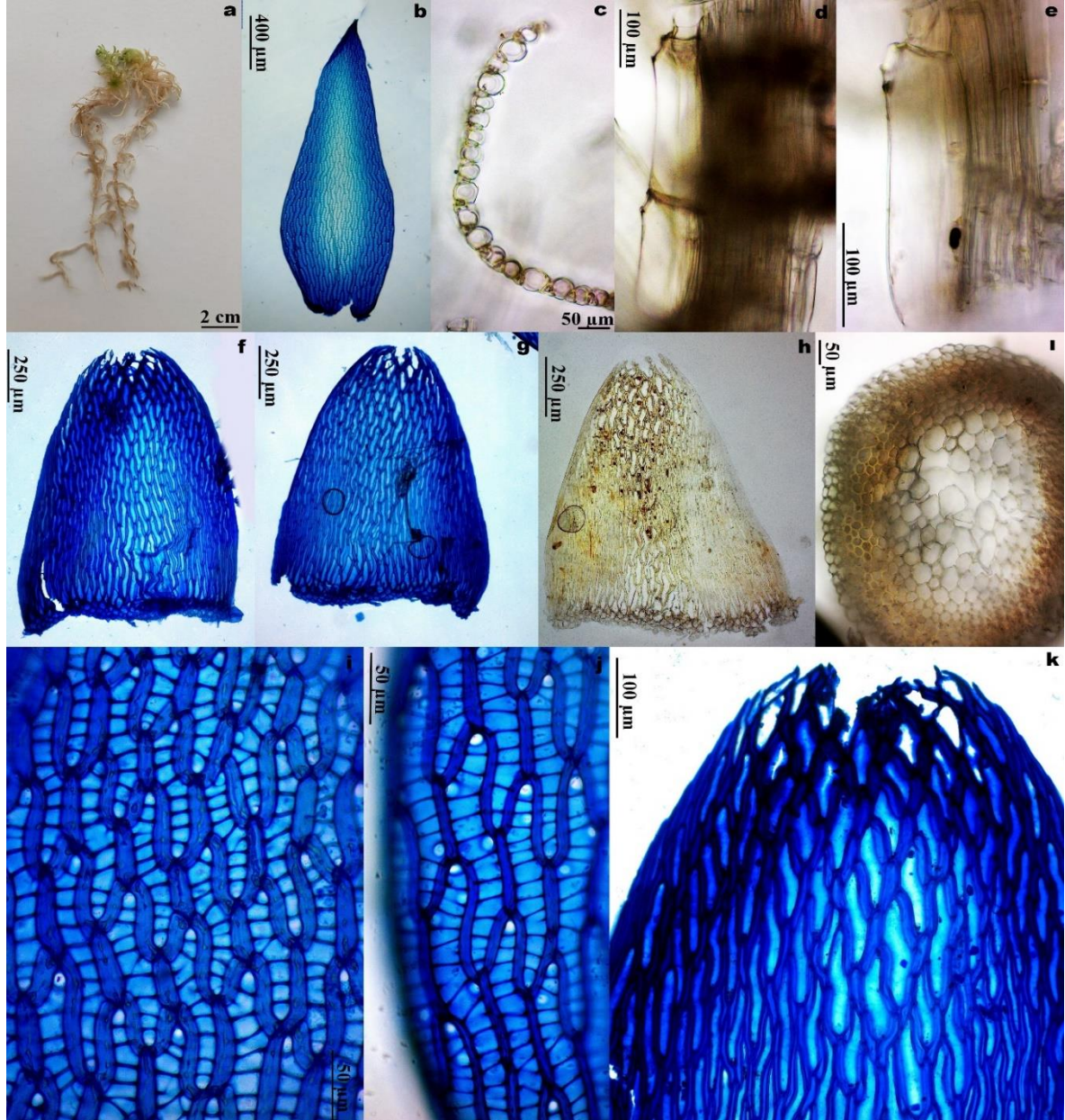
Doğu Karadeniz bölgesinde, alpin çayır, ıslak habitattan ve *S. fallax* var. *fallax* ile birlikte toplanmıştır.

**Dağılışı:** Türkiye; Asya (Filipinler, Çin, Yukatla, Sibirya, Uzak Doğu Rusya, Arktik Rusya, Orta Rusya, Orta Kuzey-doğu Rusya, Güney Urallar, Kuzey Urallar, Doğu Asya ve Kuzey Asya), Avrupa (Finlandiya, Norveç, İsveç, Polonya, Romanya, Belarus, Estonya, Letonya, Litvanya, Makronezya, Batı Rusya, Doğu Avrupa, Baltık ülkeleri), Amerika (Yarı Arktik Amerika bölgesi, Batı Kanada, Doğu Kanada, Kuzey-batı ABD, Kuzey-doğu ABD) (Bastien

ve Garneau, 1997; Hill vd., 2006; Ignatov vd., 2006; Sabovljevic vd., 2008; Se'neca ve Söderström, 2009; Hodgetts 2015; Tan vd., 2018; Hodgetts vd., 2020).

19. +*S. recurvum* P. Beauv. (Şekil 37).

İstasyonlar: 6



Şekil 37. *S. recurvum*; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d-e) Yan dal gövdesi üzerinde retort hücreler, f-g-h) Gövde yaprakları, i) Gövde enine kesiti, j) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, k) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, l) Gövde yaprağının apeks kısmı (İstasyon no: 6)

Bitki orta büyüklükte, kuruyken üst dalların kuvvetli bir şekilde kıvrım yapması göze çarpar. Kapitulunun rengi açık yeşildir. Gövde soluk yeşil renktedir. Gövde yaprakları triangular, triangular-lingulat ile lingulat şekilde, apeks kısmı genellikle basık, obtus, fibrilli ve aşınmış bir şekle sahiptir. Gövde yaprakları hiyalin hücreleri bölünmemiş fibrilsizdir. Gövde enine kesiti farklılaşmış 2 katmanlı, ince duvarlı, geniş kortikal hücrelerden oluşur. Fasiküller 4-5 yan dallar (2 divergent, 2 pendent dallar) dan oluşur. Yan dal yaprakları düz, ovat-lanseolat şeklinde, hafif undulat ve kurduğunda keskin bir şekilde kıvrıktır. Yan dal yaprağı konveks yüzeyi hiyalin hücreleri, hücre apeksinde veya apikal uç kısmında her hücre başına 1-2 küçük porludur. Yan dal yaprağı enine kesitinde fotosentetik hücreler triangular bir şekle sahiptir.

*S. recurvum*, *Cuspidata* alt cinsinin bir üyesi olarak altı taksona sahip olan "recurvum complex" içinde bulunan bir taksondur.

*S. recurvum*, *S. flexuosum* ve *S. fallax* var. *fallax* taksonlarına benzerlik gösterir. Özellikle *S. flexuosum*'un yeşil formuna oldukça benzerdir. Ancak gövde enine kesitine bakıldığında, *S. recurvum*'un farklılaşmış ve 2 katmanlı geniş kortikal hücreleri bulunurken, *S. flexuosum*'un farklılaşmamış gövde korteksi vardır. Ayrıca *S. fallax* var. *fallax* taksonunda gövde yaprağı apeksi aşınmamış ve oldukça akut iken, *S. recurvum*'un gövde yaprağı apeksi aşınmış fibrilli bir yapıya sahiptir.

**Ekolojisi:** *S. recurvum*, zayıf minerotrofik veya zayıf ile orta zenginlikteki bataklıklarda halı formunda bulunur. Avrupa'da *S. palustre* ile birlikte bulunduğu bildirilmiştir (Laine vd., 2018).

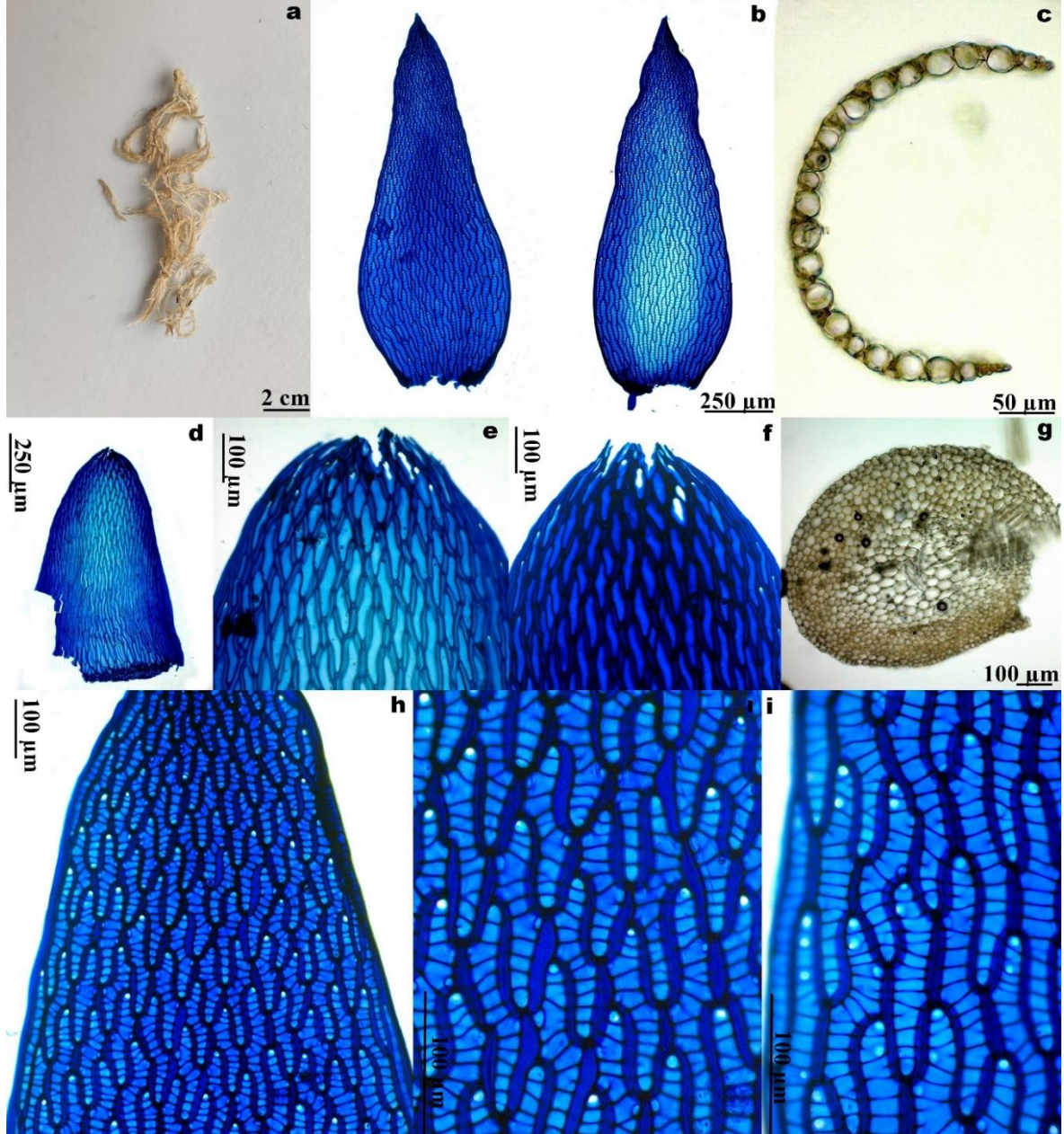
Doğu Karadeniz bölgesinde, alpin çayır, ıslak habitattan ve *S. palustre* ile birlikte bulunmuştur.

**Dağılışı:** Türkiye; Azor Adaları (Portekiz), Arjantin, güney-batı Avrupa, Japonya (Se'neca ve Söderström, 2009; Dias ve Mendes, 2009; Laine vd., 2018; Hodgetts vd., 2020).



20. *S. flexuosum* Dozy&Molk. (Şekil 38).

İstasyonlar: 21.

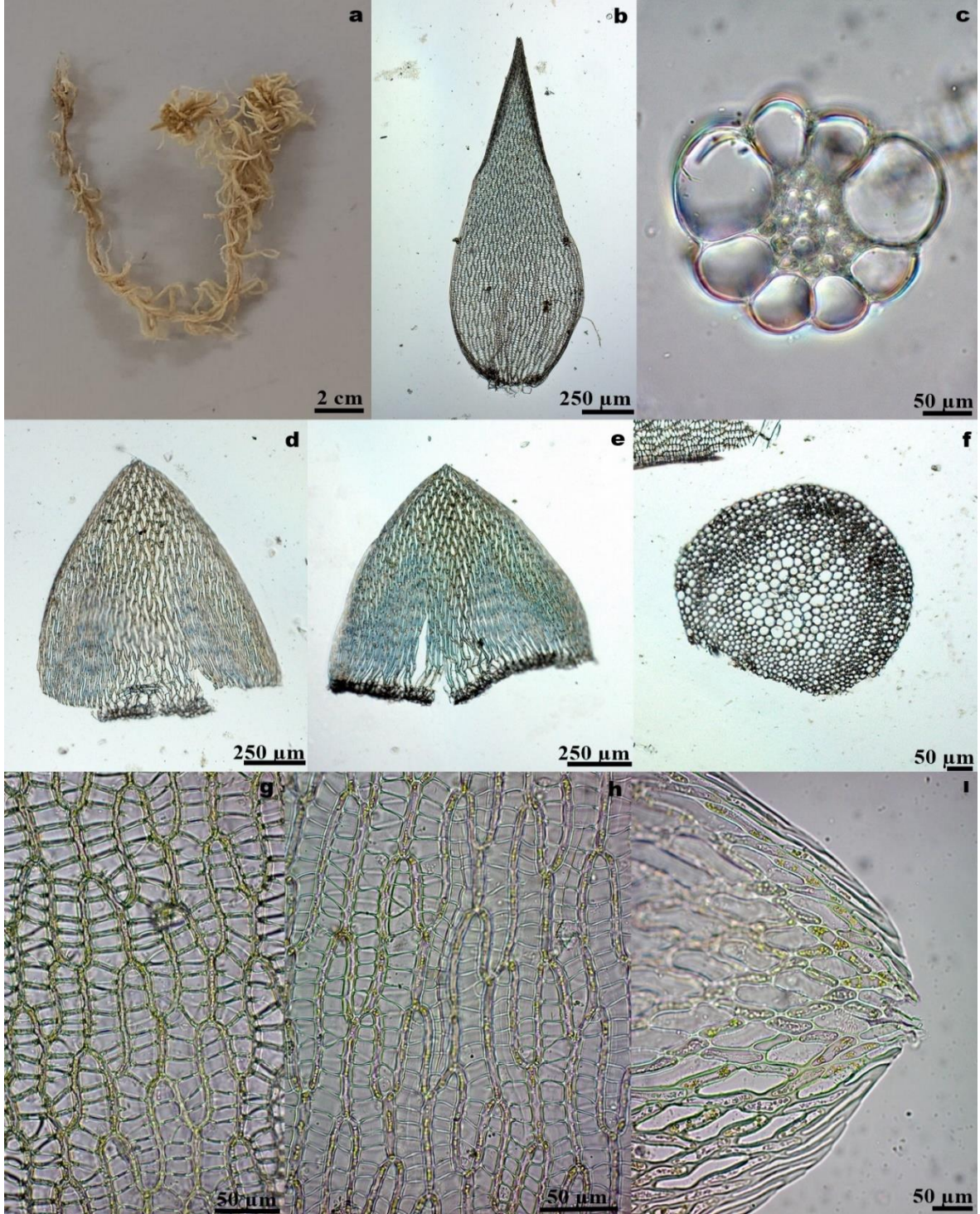


Şekil 38. *S. flexuosum*; a) Gametofit, b) Yan dal yaprakları, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d) Gövde yaprağı, e-f) Gövde yaprağı apeks kısımları, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzeyi, i) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, j) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri (Ören 407/15) (İstasyon no: 21)



21. *S. fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr. var. *fallax* (Şekil 39).

İstasyonlar: 2, 3, 6, 11, 14.

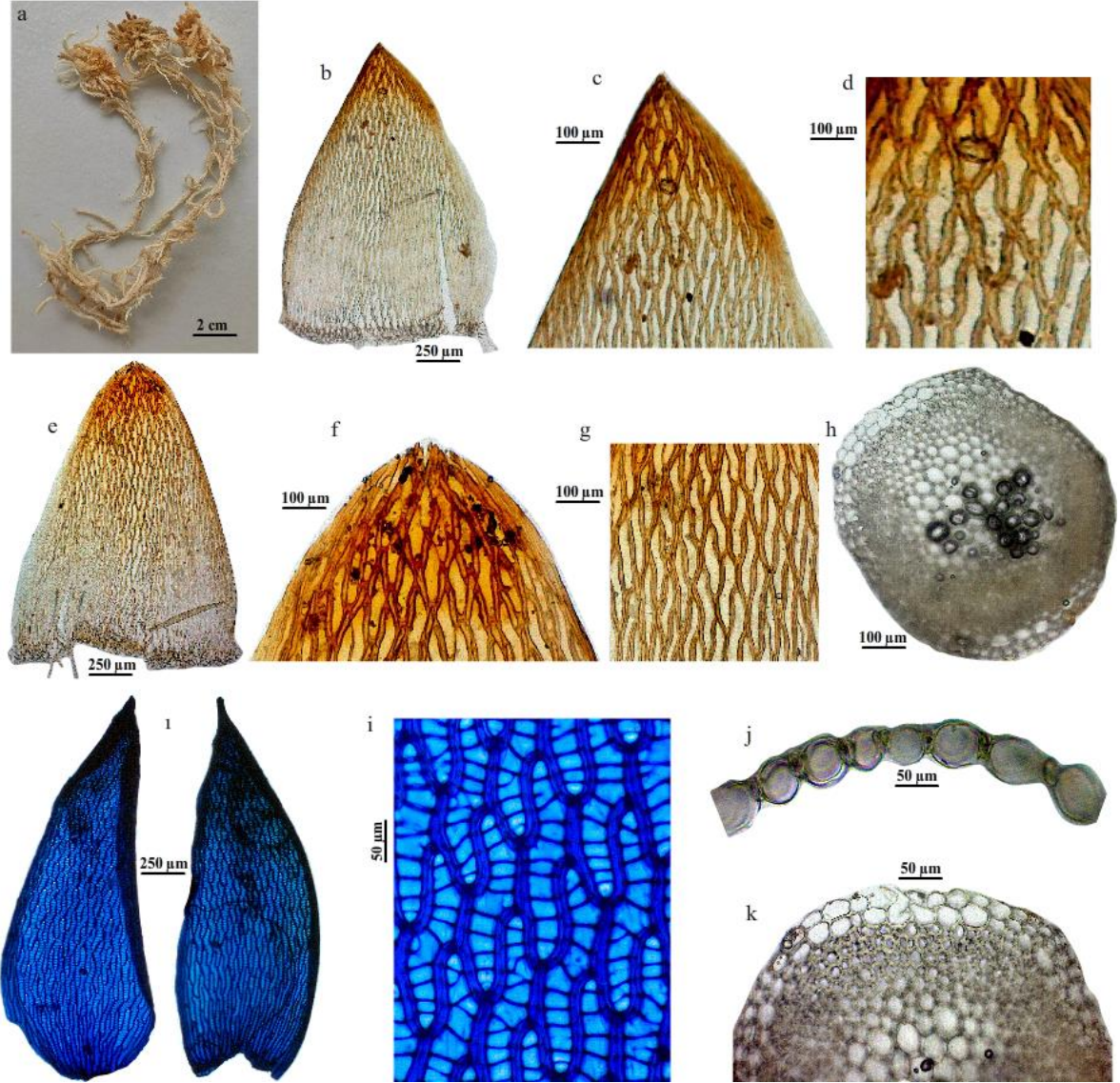


Şekil 39. *S. fallax* var. *fallax*; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c) Yan dal gövdesi enine kesiti, d-e) Gövde yaprağı, f) Gövde enine kesiti, g) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, h) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, ı) Gövde yaprağı apeks kısmı (İstasyon no: 2)



22. +*Sphagnum fallax* (H.Klinggr.) H.Klinggr. var. *isoviitae* (Flatberg) Lönnell & Hassel  
(Syn: *Sphagnum isoviitae* Flatberg) (Şekil 40).

İstasyonlar: 3



Şekil 40. *Sphagnum fallax* var. *isoviitae*; a) Gametofit, b-e) Gövde yaprakları, c-f) Gövde yaprağı apeks kısmı, d) Gövde yaprağı apeks hücreleri, g) Gövde yaprağı orta kısım hücreleri, h-k) Gövde enine kesiti, l) Yan dal yaprakları, i) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, j) Yan dal yaprağı enine kesiti (İstasyon no: 3)

Bitki orta boyutta ve dik, kapitulum düz yeşilimsi-kahvemsî veya kahverengi renkleri arasındadır. Erkek bitkilerin kapitumunda turuncu-kahvemsî renkte anteridiaları bulunur. Terminal tomurcuğu genellikle görünür. Gövde soluk yeşildir. Gövde yapraklarının şekli triangular ile lingulat-triangular arasında değişebilir. Gövde yaprakları 0.8 mm'den uzundur.

Gövde yaprağı hiyalin hücreleri septalı (bölmeli) değildir ve bazen hafif fibriller göze çarpar. Gövde enine kesitinde farklılaşmış 2 tabakalı hiyalin hücrelerin bulunduğu korteks yapısı vardır. Fasikül sayısı 4-5 (2 divergent, 2-3 pendent dallar)'dır. Yan dal yaprakları dar, ovatlansolat şekilli, kurduğunda hafif şekilde kıvrıktır. Yan dal yaprağı konveks yüzeyindeki hiyalin hücreler apikal uçlarında hücre başına 1 por bulundurur. Yan dal yaprağı enine kesitinde fotosentetik hücreler triangular ile ovat-triangular bir şekle sahiptir.

*Sphagnum fallax* var. *isoviitae*, *Cuspidata* alt cinsinde bulunur ve *Sphagnum fallax* var. *fallax* taksonuna oldukça benzerdir. *Sphagnum fallax* var. *isoviitae*'de gövde enine kesitinde farklılaşmış korteks yapısı bulurken, *S. fallax* var. *fallax* farklılaşmamıştır. Yan dal yaprakları özellikle kuruyken *S. fallax* var. *fallax* kadar kıvrık değildir.

Avrupa'da Flatberg tarafından, *Sphagnum fallax* var. *isoviitae* taksonu *Cuspidata* alt cinsine bağlı "recurvum kompleksi"nin bir üyesi olarak tanımlamıştır (Flatberg, 1992). Ayrıca 2020 yılında Duffy vd., tarafından yapılan filogenetik çalışmalar sayesinde, *S. angustifolium*, *S. fallax* var. *fallax*, *S. fallax* var. *isoviitae*, *S. fallax* var. *brevifolium* (Lindb. ex Braithw.) Lonnell & Hassel, *S. flexuosum*, *S. pacificum*, *S. recurvum*, *S. pseudopacificum*, *S. balticum* (Russow) C.E.O. Jensen ve *S. obtusum* Warnst. taksonlarının *Cuspidata* alt cinsine bağlı "*Sphagnum recurvum* complex"ne ait olduğu belirlenmiştir.

"*Sphagnum recurvum* complex"ne ait bu taksonlar arasından *S. angustifolium*, *S. fallax* var. *fallax* ve *S. flexuosum* daha önceden Türkiye'den kaydı verilmiş olup, bu tez çalışması kapsamında ise *S. fallax* var. *isoviitae* ve *S. recurvum* taksonları Türkiye için yeni kayıt olarak belirlenmiştir.

**Ekolojisi:** *Sphagnum fallax* var. *isoviitae* fakir ile orta zenginlikteki bataklıklarda (Laine vd., 2018), aynı zamanda mezotrofik habitatlarda bulunur.

Doğu Karadeniz bölgesinde, alpin çayır, bataklık kenarlarından ve *Sphagnum fallax* var. *fallax* ve *S. subsecundum* ile birlikte toplanmıştır.

**Dağılışı:** Türkiye; Avrupa (Fransa, Norveç, İsveç, Finlandiya, İrlanda, Galler, İskoçya, İngiltere, güney-batı ve güney Fennoskandiya, Estonya, Makaronezya, Kıbrıs) (Hill vd., 2006; Frey vd., 2006; Garrett, 2015; Laine vd., 2018; Hodgetts vd., 2020). Asya için yeni kayıt.

### 3.1.7. Subgenus *Subsecunda*

Bitkiler boyut, renk ve ekoloji açısından son derece değişken olmakla birlikte, turuncu-sarı veya kırmızı-kahverengi renkte olabilir. Fasiküller bazen olmamakla birlikte genellikle 1-6 arasında değişen dallara sahiptir ve zayıf dimorfik yapıda veya değildir. Yan dal yaprakları ovat ile ovat-lanseolat şekildedir. Yan dal yaprağı hiyalin hücreleri dar ve çoğunlukla küçük, nadiren 6.0 µm çapından büyük, komissürler boyunda sık ve yoğun bir şekilde seri halinde hizalanmış halkalı (ringed) porlara sahiptir. Yan dal yaprağı enine kesitinde iç komissural duvar düzdür ve fotosentetik hücreler fiçı şeklindedir. Gövde genellikle soluk veya koyu renktedir. Gövde yaprakları birkaç takson dışında, yan dal yaprakları ile aynı boyutta veya daha büyüktür. Gövde enine kesiti 1-3 katmanlı hiyalin hücrelerden oluşan kortekse sahiptir. Genellikle mezotrofik ve oligotrofik bataklıklarda bulunabilir.

*Subsecunda* alt cinsi muhtemelen, *Sphagnum* cinsinin en büyük ve en heterojen grubudur. Son yıllarda yapılan çalışmalar üzerine, daha önce *Hemitheca* seksiyonunda tek tür olarak bulunan *S. pylaesii* taksonu, bu alt cinsteki diğer tür taksonlarından morfolojik ve anatomik olarak farklılık göstermesine rağmen *Subsecunda* alt cinsine dahil edilmiştir.

*Subsecunda* alt cinsi, yan dal yaprağı hiyalin hücrelerinin dar olması bakımından *Cuspidata* alt cinsi ile benzerdir. Ancak konveks yüzeyinde komissürler boyunca sık ve bol miktarda küçük, halkalı porlara sahip olması ile *Cuspidata* alt cinsinden farklılık gösterir. Ayrıca arazide bu cinse ait bazı türlerin, *Rigida* alt cinsinde bulunan *S. compactum* ve *Sphagnum* alt cinsinde bulunan *S. palustre* ile benzetilebilir, ancak *S. compactum*'un büyük yan dal yaprakları ile küçük gövde yapraklarının olması ve *S. palustre*'nin kalın, fibrilli gövde korteksinin olması açısından farklılık gösterir.

1- Dal fasikülleri yok veya 1 divergent dala sahip, hiyalin hücreleri genellikle porsuz

*S. pylaesii* Brid.

- |                                                                                                                                                                                 |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1- Özellikler yukarıdaki gibi değil                                                                                                                                             | 2 |
| 2- Gövde korteksi 2-3 hücre tabakalı                                                                                                                                            | 3 |
| 2- Gövde korteksi 1 hücre tabakalı                                                                                                                                              | 4 |
| 3- Yan dal yaprakları 1.5-2.0 mm uzunluğunda, lanseolat şeklinde; gövde yaprakları <1 mm uzunluğunda, triangular-lingulat şeklinde, gövde yaprağı yaklaşık olarak yarısından az |   |



kısımında (% 10-35) fibrilli; belirgin bir terminal tomurcuğu yoktur; ötrofik bölgelerde, ormanlık alan bataklıklarında bulunur *S. contortum* Schultz

3- Bitkiler soluk yeşil veya zeytin rengindedir; fasiküller 1-3 (-4); yan dal yaprakları 2.0-3.0 mm uzunluğunda, oval; gövde yaprakları 1.5-2.0 mm uzunluğunda, eliptik, geniş ve lingulat şeklinde, gövde yaprağının yarısından fazla olan kısımları (% 80-100) fibrilli; kapitulum zor fark edilir ancak belirgin bir terminal tomurcuğu vardır; mezotrofik ile zayıf ötrofik bölgelerde ve genellikle su altında bulunur

*S. platyphyllum* (Lindb. Ex Braithw.) Wamst.

4- Gövde yaprakları genellikle küçük, <0,9 mm uzunluğunda, triangular ile lingulat şekli arasındadır, yaprak uzunluğunun % 0-25'inde bir bölgedeki hücreler fibrilli; yan dallar belirgin bir şekilde kıvrımlı; bitkiler orta büyüklükte, parlak sarı-yeşil, kahverengi veya koyu sarı; mezotrofik bataklıklarda bulunur *S. subsecundum* Nees

4- Gövde yaprakları genellikle daha büyük, > 1-4 mm uzunluğunda, uzunlamasına lingulat şeklinde; en az yaprağın %20-40'ına kadar olan kısımdaki hyalosistler fibrilli 5

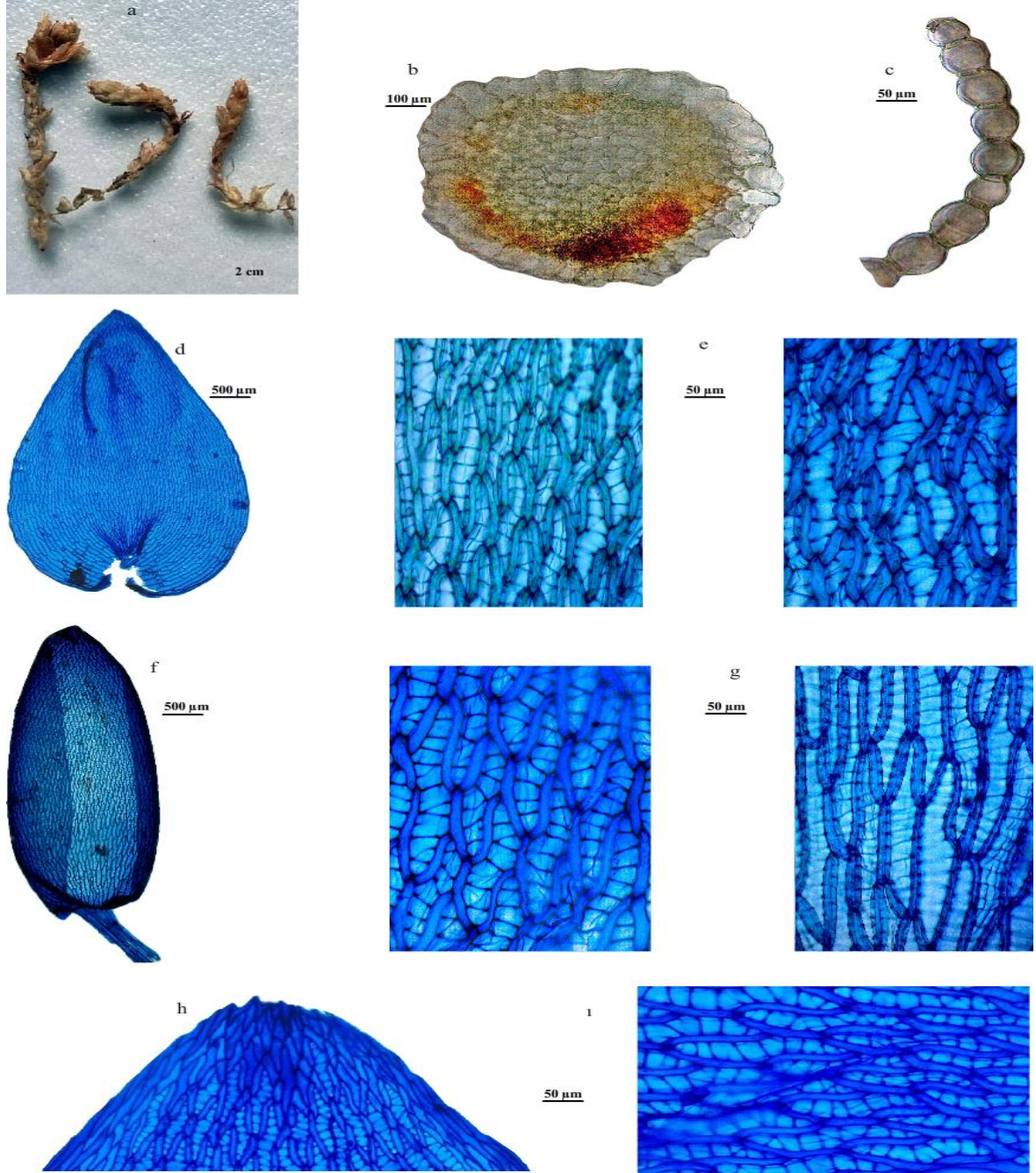
5- Gövde yaprakları triangular şeklinde, üst hücreler yaprak uzunluğunun % 20-40'ında fibrilli; yan dal yaprak hiyalin hücreleri konveks yüzeyinde komissürler boyunca küçük porlu iken konkav yüzeyi genellikle porsuzdur; yan dal yaprakları kıvrımlı, asimetrik; grimsi yeşil veya sarımsı yeşil, nadiren kırmızımsı kahverengi bitkiler; dere kenarlarında ve bataklıklarda bulunur *S. inundatum* Russow

5- Gövde yaprakları lanseolat-spatula şeklinde, yaprak uzunluğunun % 40-100 fibrilli, yan dal yaprak hiyalin hücreleri konveks yüzeyinde komissürler boyunca küçük porlu, konkav yüzeyinde bazen çok sayıda porlara sahip, yan dallar  $\pm$  şişkin, yan dal yaprakları genellikle simetrik; bitkiler sarı veya bakırımsı renkte; oligotrofik veya mezotrofik bataklıklarda, ormanda, çok asitli suya toleranslı, genellikle tamamen su altında bulunur

*S. auriculatum* Schimp.

23. +*S. pylaesii* Brid. (Şekil 41).

İstasyonlar: 4.



Şekil 41. *Sphagnum pylaesii*; a) Gametofit, b) Gövde enine kesiti, c) Gövde yaprağı enine kesiti, d-f) Gövde yaprakları, e) Gövde yaprağı konveks yüzey hücreleri, g) Gövde yaprağı konkav yüzey hücreleri, h) Gövde yaprağı apeksi, i) Gövde yaprağı apeks hücreleri (İstasyon no: 4)

Bitki ince, küçük, sucul, turuncu ile koyu morumsu-kahverengi renkte, kurduğunda ise siyaha dönük bir renk alır. Kapitulum belirsiz ancak gövde yapraklarıyla kaplı belirgin bir apikal tomurcuğu vardır. Gövde soluk kahverengi renktedir. Gövde yaprakları büyük, geniş 1.5-2.0(-2.5) mm uzunluğunda, 1.0-1.3 mm genişliğinde ve ovat şeklindedir. Gövde yaprağı hiyalin hücreleri fibrilli ve porsuzdur veya nadiren konkav yüzeyi distal uç kısmında tek ve küçük por bulunabilir. Gövde enine kesiti 1-2 katmanlı ince duvarlı geniş hiyalin hücrelerden oluşan kortekse sahiptir. Yan dal fasikülleri yok veya 1 tane yan dal bulunabilir. Eğer yan dal varsa kısa ve incedir. Yan dal mevcut olduğunda gövde yapraklarında olduğu gibi fibrilli ve çoğunlukla porsuzdur. Gövde yaprağı veya yan dal yaprağı enine kesitinde fotosentetik hücreler geniş, kalın duvarlı ve trapezoid şekillidir.

*S. pylaesii* (daha önce *Hemitheca* seksiyonunda olan tek tür) *Subsecunda* alt cinsinde bulunmasına rağmen morfolojik ve anatomik olarak diğerlerinden ayrılmıştır. Bu takson arazide morfolojik olarak *Sphagnum* cinsinden ziyade daha çok *Scorpidium* ve *Pseudocalliergon* cinslerine daha çok benzerdir ve pleurokarp karayosunları ile karıştırılabilir. Ancak sucul *S. auriculatum*'un sadece birkaç dalı ile benzerlik gösterebilir.

**Ekolojisi:** *S. pylaesii*, Avrupa'da zayıf minerotrofik bataklıklarda veya orta dereceli oligotrofik turbalıkların akıntı alan nemli alanlarında bulunur (Daniels ve Eddy, 1985). Ayrıca, Avrupa'da kuru battaniyemsi bataklıklarda da bulunabilir (Laine vd., 2018). *Subsecunda* cinsinin diğer üyeleri ile birlikte bulunur (Frey vd., 2006).

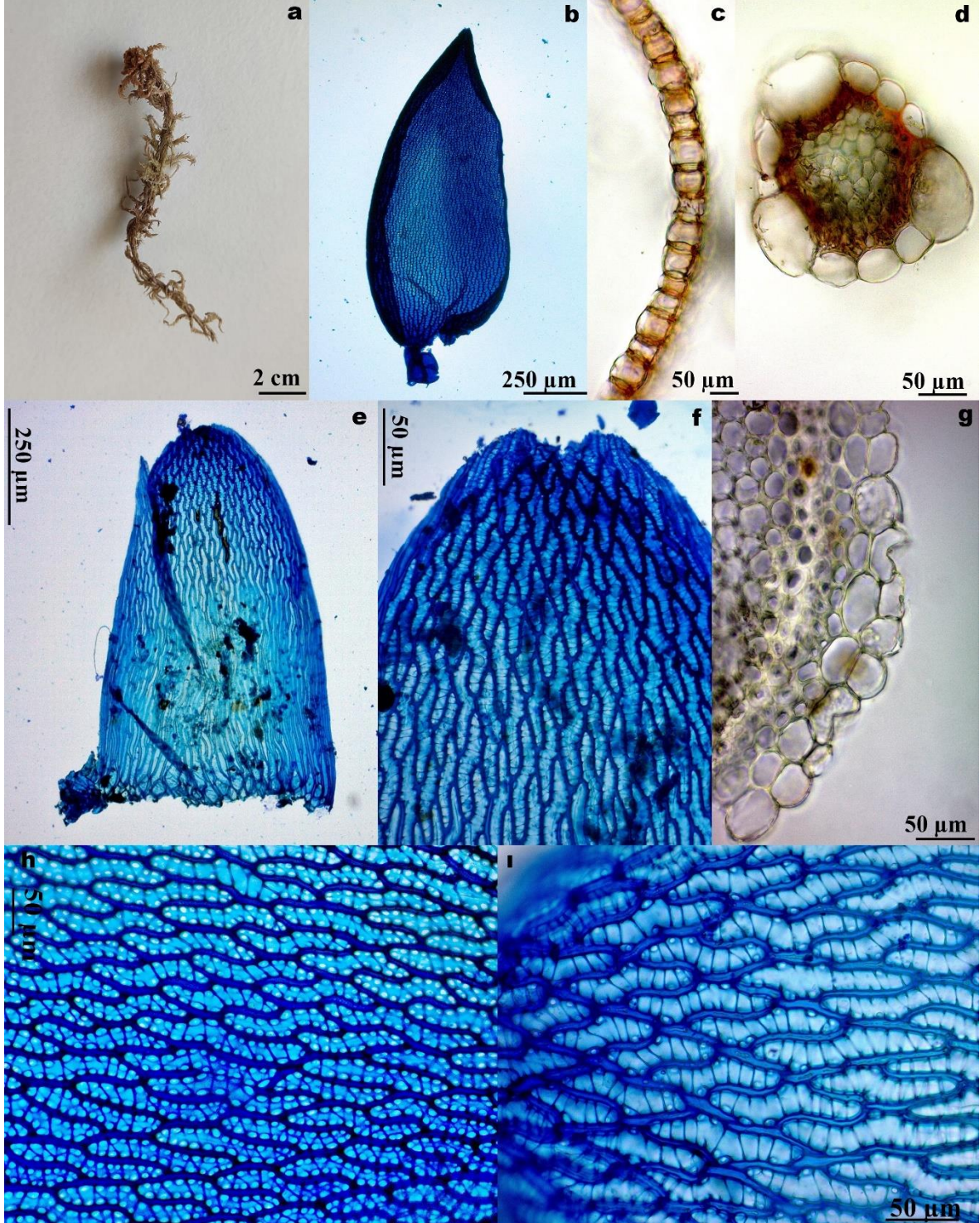
Doğu Karadeniz bölgesinde alpin çayır, ıslak habitat, zayıf bataklık alanından ve *S. contortum* ile birlikte toplanmıştır.

**Dağılışı:** Türkiye; Asya (Filipinler), Avrupa (Portekiz, Andora, Fransa, İspanya, Makaronezya, Kıbrıs, Güney Grönland, Avrupa'da güney-batı dağılımı), Amerika (Doğu Kanada, Kuzey Amerika, Güney Amerika (Kolombiya, Ekvator, Peru, Bolivya)) (Bastien ve Garneau, 1997; Hill vd., 2006; Se'neca ve Söderström, 2009; Hodgetts, 2015; Laine vd., 2018; Tan vd., 2018; Hodgetts vd., 2020).



24. *S. contortum* Schultz (Şekil 42).

İstasyonlar: 4, 6, 8, 11, 14.

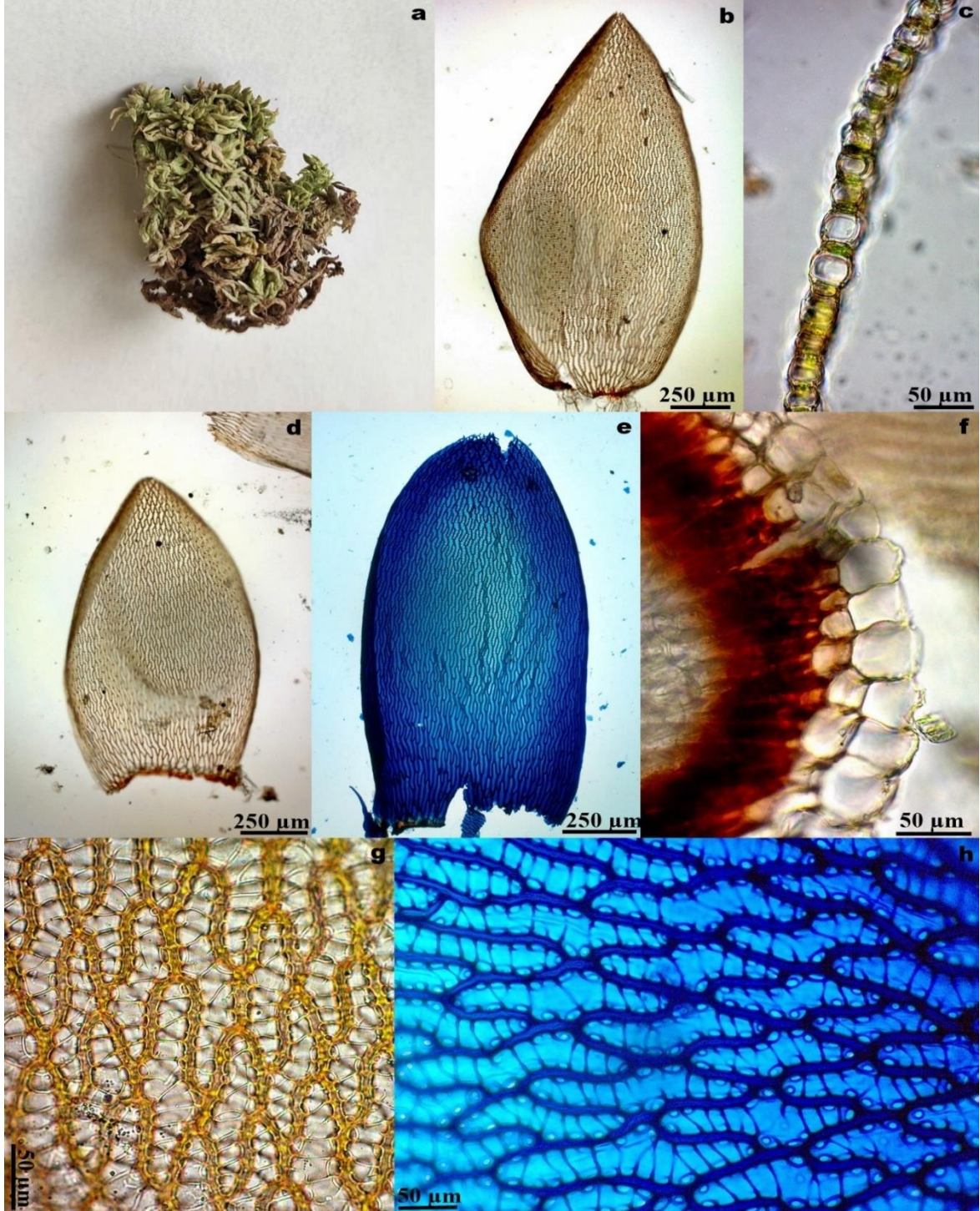


Şekil 42. *S. contortum*; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c-d) Yan dal yaprağı ve gövdesi enine kesiti, e) Gövde yaprağı, f) Gövde yaprağı apeks kısmı, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, ı) Gövde yaprağı hücreleri (İstasyon no: 8)



25. *S. platyphyllum* (Lindb. Ex Braithw.) Wamst. (Şekil 43).

İstasyonlar: 2, 4, 5, 10, 11, 13, 16, 17.

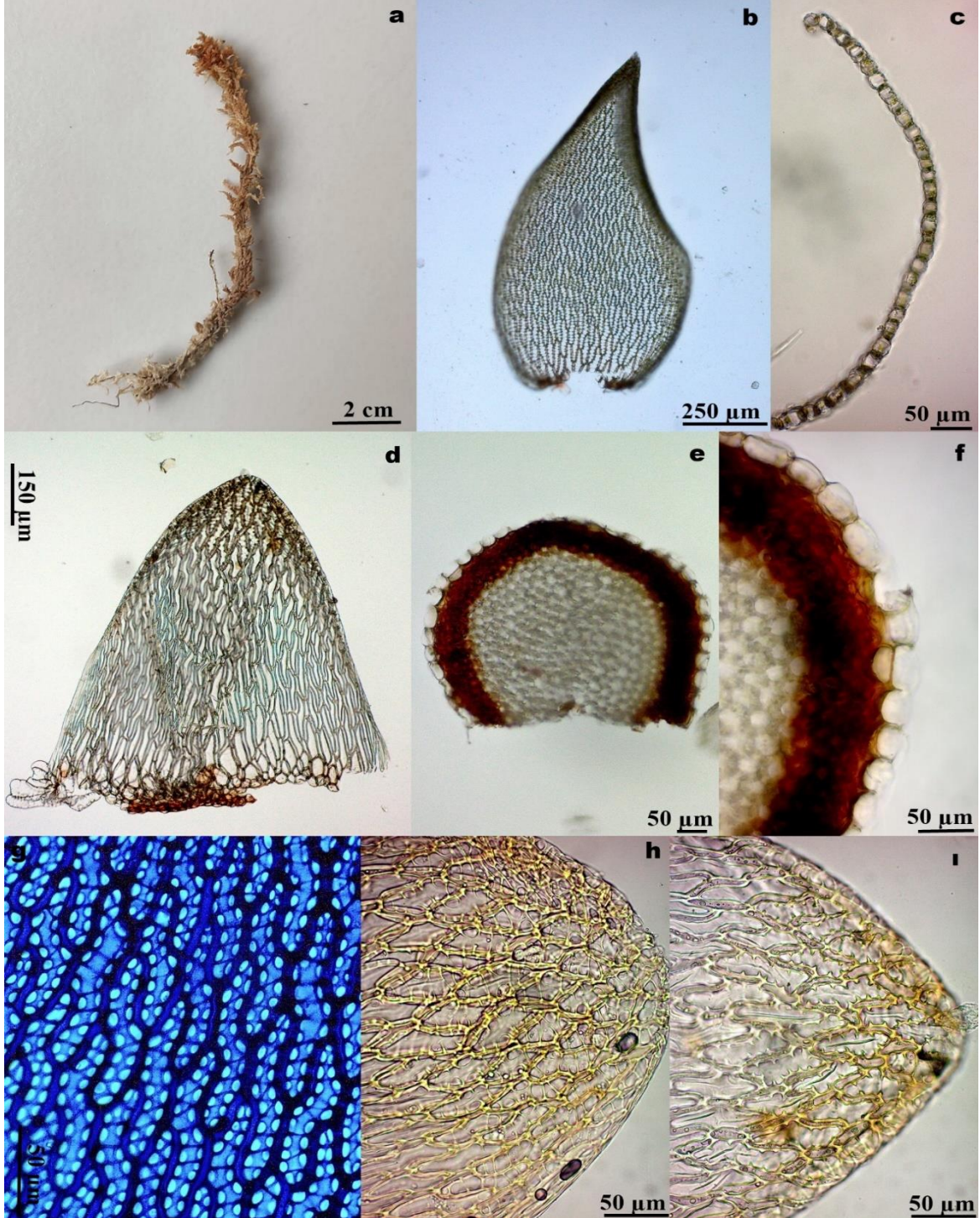


Şekil 43. *S. platyphyllum*; a) Genel görünüm, b) Yan dal yaprağı; c) Yan dal yaprağı enine kesiti; d-e) Gövde yaprakları; f) Gövde enine kesiti; g) Yan dal yaprak ortası hücreleri; h) Gövde yaprağı hücreleri (İstasyon no: 2)



26. *S. subsecundum* Nees (Şekil 44).

İstasyonlar: 1, 2, 3, 4, 6, 9, 10, 11, 12, 13.

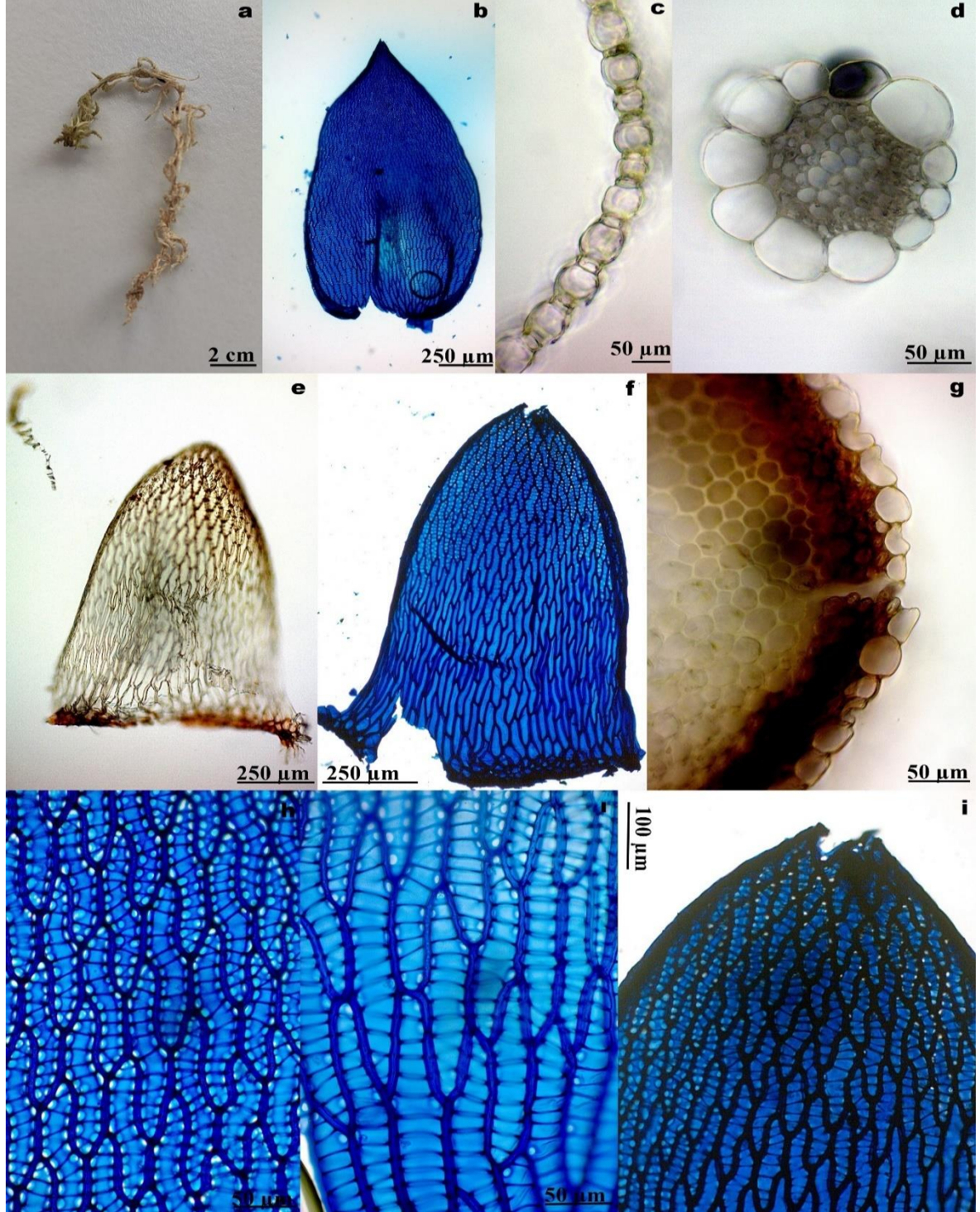


Şekil 44. *S. subsecundum*; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c) Yan dal yaprağı enine kesiti, d) Gövde yaprağı, e-f) Gövde enine kesiti, g) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, h-i) Gövde yaprağı apeks kısmı ve hücreleri (İstasyon no: 12)



27. *S. inundatum* Russow (Şekil 45).

İstasyonlar: 1, 2, 6, 9.

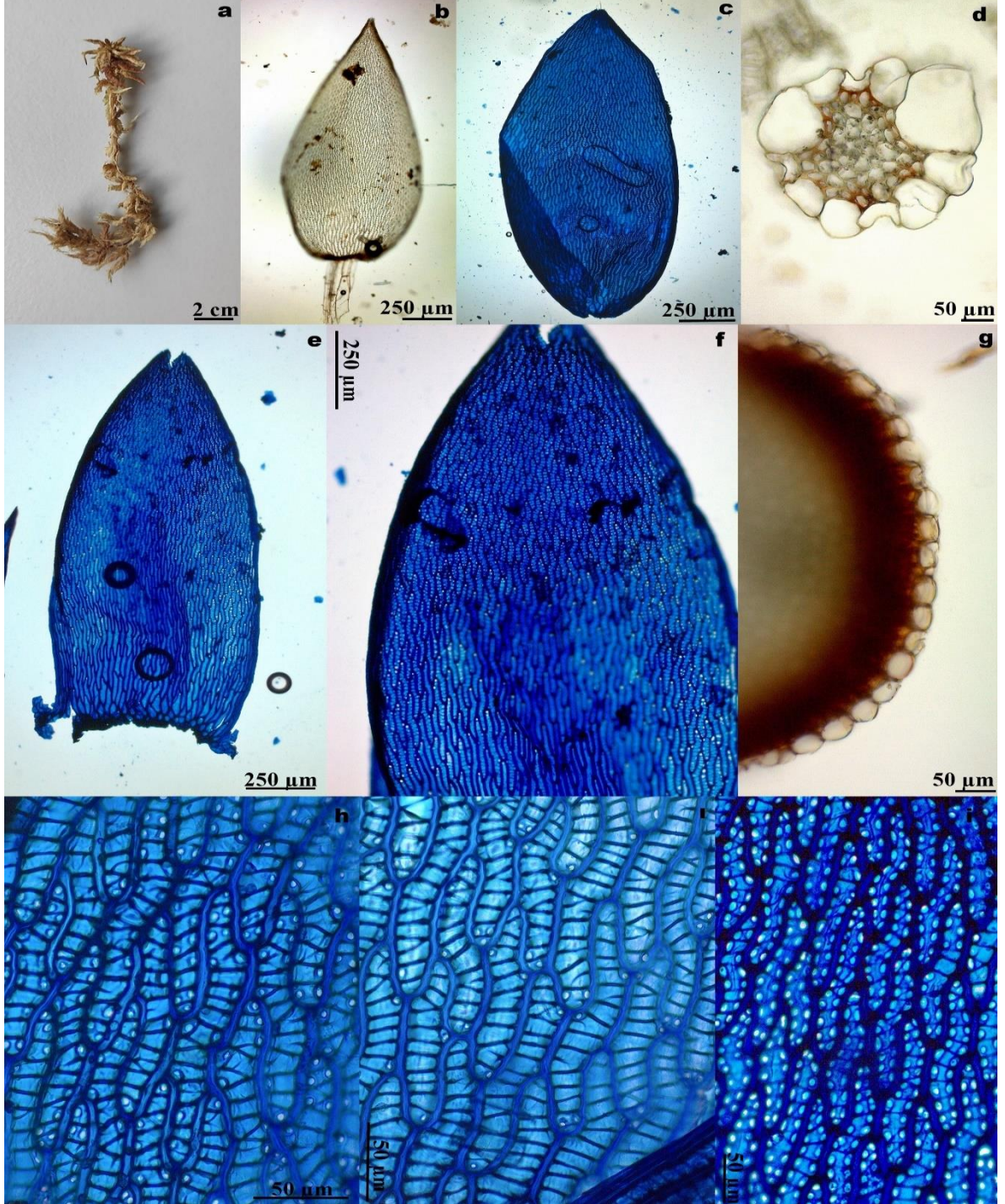


Şekil 45. *S. inundatum*; a) Gametofit, b) Yan dal yaprağı, c-d) Yan dal yaprağı ve gövdesi enine kesiti, e-f) Gövde yaprağı, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, h) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, ı) Gövde yaprağı apeks hücreleri (İstasyon no: 1)



28. *S. auriculatum* Schimp. (Şekil 46)

İstasyonlar: 1, 2, 4, 5, 6, 9.



Şekil 46. *S. auriculatum*; a) Gametofit, b-c) Yan dal yaprakları, d) Yan dal gövdesi enine kesiti, e) Gövde yaprağı, f) Gövde yaprağı uç kısmı, g) Gövde enine kesiti, h) Yan dal yaprağı konveks yüzey hücreleri, ı) Yan dal yaprağı konkav yüzey hücreleri, i) Gövde yaprağı hücreleri (İstasyon no: 6)



## 3.2. Moleküler Bulgular

Bu tez kapsamında 5'*trnL*(UAA)- *trnF* bölgesine ait 16 baz sırası üretilmiştir (Ek 1).

### 3.2.1. cpDNA Bölgesinin Özellikleri

Tez kapsamında çalışılan örneklerin hizalanması sonucunda kullanılan 16 *Sphagnum* taksonunun (15 farklı *Sphagnum* taksonu) hizalanması sonucu başlangıçta 698 karakter içeren veri seti (47'si parsinomik bilgi verici karakter) elde edilmiştir. Sonrasında Simple Indel Coding (SIC) analizi ile toplam karakter sayısı 729'a çıkarılmıştır (552'si korunmuş, 111'i değişken karakter sayısı). Bu sayede parsinomik bilgi verici karakter sayısı 66'ya yükselmiştir. Bu veri seti içerisinden doğu Karadeniz bölgesinde yayılış gösteren 15 farklı taksonu (toplam 16 takson) uzunluğu ve baz içerikleri (%) hesaplanmıştır (Tablo 7).

Tablo 7. Tez kapsamında çalışılan *Sphagnum* taksonlarının *trnL-F* bölgesi uzunluğu ve baz içerikleri

| Takson                              | <i>trnL-F</i> bölgesi |      |      |      |      |     |
|-------------------------------------|-----------------------|------|------|------|------|-----|
|                                     | %A                    | %C   | %G   | %T   | %GC  | bç  |
| <i>S. contortum</i> (21-108)        | 35,3                  | 16,2 | 17,3 | 31,1 | 33,5 | 710 |
| <i>S. contortum</i> (22-4)          | 35,9                  | 15,6 | 16,5 | 31,8 | 32,1 | 678 |
| <i>S. auriculatum</i>               | 34,5                  | 16,5 | 17,4 | 31,5 | 33,9 | 666 |
| <i>S. fallax</i> var. <i>fallax</i> | 35,1                  | 16,2 | 16,9 | 31,5 | 33,2 | 725 |
| <i>S. teres</i>                     | 35,4                  | 16,3 | 17,1 | 31,0 | 33,4 | 666 |
| <i>S. fimbriatum</i>                | 35,1                  | 16,3 | 17,4 | 31,0 | 33,7 | 682 |
| <i>S. girgensohnii</i>              | 36,1                  | 16,2 | 16,1 | 31,4 | 32,4 | 694 |
| <i>S. capillifolium</i>             | 34,3                  | 16,0 | 16,3 | 33,2 | 32,4 | 685 |
| <i>S. fuscum</i>                    | 35,0                  | 16,3 | 16,9 | 31,6 | 33,2 | 727 |
| <i>S. warnstorffii</i>              | 35,1                  | 16,3 | 15,6 | 32,9 | 31,9 | 641 |
| <i>S. rubellum</i>                  | 34,7                  | 16,2 | 16,9 | 32,0 | 33,1 | 733 |
| <i>S. centrale</i>                  | 35,1                  | 16,6 | 17,0 | 31,1 | 33,6 | 722 |
| <i>S. palustre</i>                  | 35,4                  | 16,6 | 16,9 | 31,0 | 33,5 | 722 |
| <i>S. medium</i>                    | 35,0                  | 16,6 | 17,3 | 30,9 | 34,0 | 685 |
| <i>S. papillosum</i>                | 35,4                  | 16,3 | 16,9 | 31,2 | 33,3 | 714 |
| <i>S. compactum</i>                 | 34,7                  | 16,3 | 17,2 | 31,7 | 33,5 | 709 |

Buna göre *trnL-F* bölgesi uzunluğunun 641-733 baz çifti (bç) ve %GC içeriğinin 31,9-34,0 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Tez kapsamında çalışılan taksonlar arasında *trnL-F* bölgesi uzunluğu en kısa olan 641 bç ile *S. warnstorffii*, en uzun olan ise 733 bç ile *S. rubellum*'dur. Çalışılan taksonlar içerisinde GC içeriği en düşük olan %31,9 ile *S. warnstorffii*, en yüksek olan %34 ile *S. medium*'dur.

Filogenetik ağaçta verilen tüm üyeler (16 çalışılan takson ve GenBank'tan alınan taksonlar) analiz edilerek *trnL-F* bölgesinin (cpDNA) yapısal özellikleri (Tablo 8) verilmiştir.

Tablo 8. Filogenetik ağaçta verilen tüm üyelerin *trnL-F* bölgesinin (cpDNA) yapısal özellikleri

| Yapısal Özellikler                   | <i>trnL-F</i> (cpDNA) |
|--------------------------------------|-----------------------|
| Korunmuş karakter sayısı (bç)        | 552                   |
| Değişken karakter sayısı (bç)        | 111                   |
| Parsinomik bilgi verici bölge sayısı | 66                    |
| Singleton                            | 168                   |
| Transisyonel çift (si) sayısı        | 8                     |
| Transversiyonel çift (sv) sayısı     | 9                     |
| si/sv (oran)                         | 1.0                   |

Son olarak *trnL-F* bölgesine göre taksonlar arasındaki ilişkiyi gösteren "Benzemezlik Matrisi" oluşturulmuştur (Ek 2). Çalışılan taksonlar içerisinde birbirine en yakın iki takson %0,000000 benzemezlik ile *S. palustre* ve *S. papillosum*'dur (birbirine %0,000000 benzemezlik oranı çıkan diğer taksonlar Ek 2'de verilmiştir). Birbirine en uzak iki takson ise %0,043591 benzemezlik ile *S. girgensohnii* ve *S. squarrosom*'dur (Ek 2).

### 3.2.2. Filogenetik Analiz Bulguları

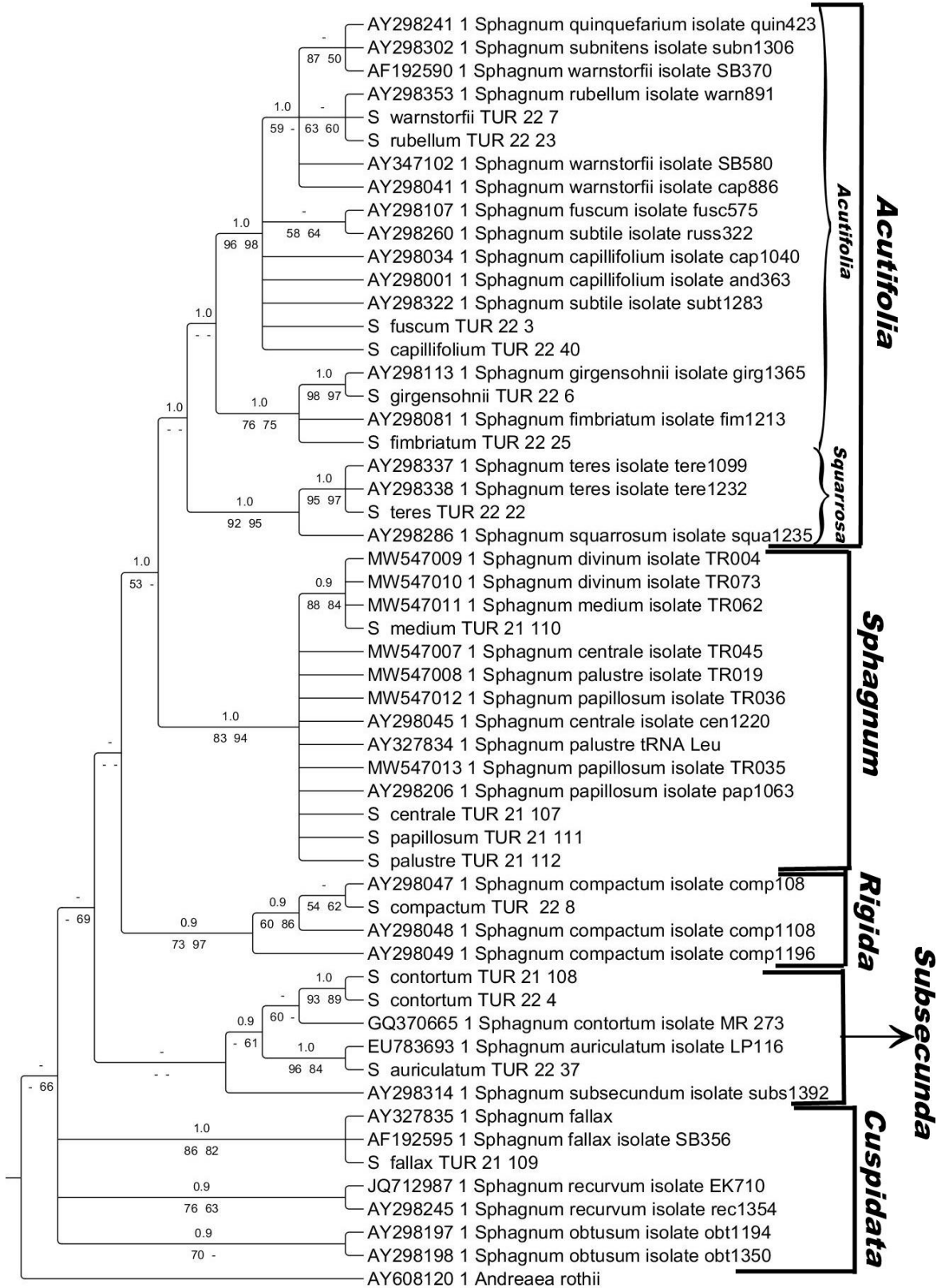
cpDNA bölgesine ait (*trnL-F*) ML, MP ve BI analizleri sonucunda elde edilen filogenetik ağaçlar ayrı ayrı incelenmiştir. *trnL-F* bölgesine ait ML, MP ve BI analiz sonuçlarından elde edilen soy ağaçları kendi aralarında benzer topoloji gösterdiği için üç ayrı ağaç BI analizi sonucu elde edilen çoğunluk kuralı uzlaşma ağacında birleştirilerek verilmiştir (Şekil 47). Ağaçta bulunan çözümleme oranlarından üstte verilen PP (BI analiz) değeri, alttakiler ise soldan sağa sırasıyla BS (ML analiz) ve JK (MP analiz) değerleridir. Bayesian analizinde %90 ve üzeri PP değerleri ile ayrılan takson grupları değerlendirilmeye

alınmıştır. ML ve MP analizlerinde ise %50 ve üzeri BS ve JK değerleri ile ayrılan takson grupları değerlendirilmeye alınmıştır.

Çalışılan örnekler arasındaki filogenetik ilişkiyi ortaya koyan *trnL-F* veri setine dayalı olarak verilen filogenetik ağaçta (Şekil 47) *Sphagnum* cinsine ait alt cinsler (*Cuspidata*, *Subsecunda*, *Rigida*, *Sphagnum* ve *Acutifolia*) içerisinde *Cuspidata* hariç monofiletik kladlar oluşturmuştur ve ağacın alt kısmından başlanarak üst kısmına doğru aşağıda genel hatlarıyla özetlenmiştir.

*Cuspidata* alt cinsi, politomi göstermiştir. AF192595 GenBank kodlu ABD (Alaska) aksesyonu, AY327835 GenBank kodlu Almanya aksesyonu ve tez çalışması sonucu sekans analizi yapılan TUR 21-109 kodlu Giresun-Dereli örneği olan *S. fallax* güçlü destek değerleri (PP= 1, BS= 86, JK= 82) ile kümelenmiştir. Coğrafik olarak uzak ülkelerde çalışılan AY298198 GenBank kodlu Japonya aksesyonu olan *S. obtusum* ve AY298197 GenBank kodlu Amerika Birleşik Devletleri (ABD) aksesyonu olan *S. obtusum*, AY298245 kodlu Japonya aksesyonu olan *S. recurvum* ve JQ712987 kodlu Azorlar aksesyonu olan *S. recurvum*, AF192595 kodlu ABD aksesyonu olan *S. fallax* ve AY327835 kodlu Almanya aksesyonu olan *S. fallax* türleri tür bazında ayrı ayrı gruplanmıştır (*S. obtusum* aksesyonları PP=0.9, BS=70 destek değeri ile ve *S. recurvum* aksesyonları PP=0.9, BS=76, JK=63 destek değerleri ile).

*Subsecunda* alt cinsi, %90'ın altında (%80) PP, %50'nin altında (%49) BS ve JK destek değerleri ile çözümlendiği için ağaçta bu değerler verilmeden gösterilmiştir ve düşük destek değerli bir klad oluşturmuştur. EU783693 GenBank kodlu Norveç aksesyonu ve tez çalışması sonucu sekans analizi yapılan TUR 22-37 kodlu Giresun-Dereli örneği olan *S. auriculatum* güçlü destek değerleri (PP=1, BS=96, JK=84) ile kümelenmiştir. Yine tez kapsamında çalışılan iki *S. contortum* örnekleri (TUR 21-108 ve TUR 22-4 kodlu Giresun-Derele örnekleri) güçlü destek değerleri (PP= 1, BS= 93, JK= 89) ile kümelenmiştir. Ancak bu iki *S. contortum* örnekleri, GQ370665 GenBank kodlu ABD (New York) aksesyonu ile Bayesian analizinde PP destek değeri %90'ın altında, MP analizinde JK değeri %50'nin altında olmasına rağmen ML analizi sonucunda BS destek değeri %60 ile çözümlenmiştir.



Şekil 47. *trnL-F* bölgesine dayalı BI analizi sonucu elde edilen çoğunluk kuralı uzlaşma ağacı (Ağaç dallarının üst kısmında kalan değerler Bayesian analizi sonucuna aittir, ağaç dallarının alt kısmındaki değerler sırasıyla ML/MP (1000 bootstrap) analizlerinin sonuçlarına aittir)



*Rigida* alt cinsi, yüksek destek değerleri (PP=0.9, BS=73, JK=97) ile bir klad oluşturmuştur. Tez çalışmasında sekans analizi yapılan TUR 22-8 kodlu *S. compactum* Trabzon-Çaykara örneği ile AY298047 GenBank kodlu ABD aksesyonu olan *S. compactum* PP=, BS=54, JK=62 destek değerleri ile kümelenmiştir. Bu kümelenmeye AY298048 GenBank kodlu Rusya aksesyonu olan *S. compactum* PP=0.9, BS=60, JK=86 yüksek destek değerleri ile katılarak yeni bir kümelenme göstermiştir.

*Sphagnum* alt cinsi, güçlü destek değerleri (PP=1, BS=83, JK=94) ile çözümlenerek bir klad oluşturmuştur. Ancak *Sphagnum* alt cinsi kladında bulunan taksonlar (*S. centrale*, *S. palustre*, *S. papillosum*, *S. divinum*, *S. medium*) politomi oluşturmuştur. *S. medium* ve *S. divinum* olarak ayrılan iki taksonun birbiri ile yakın ilişkili olduğu ortaya konmuş ve bu ilişki de *Sphagnum* alt cinsi içinde güçlü destek değerleri ile (PP=0.9, BS=88, JK=84) kümelenmesine sebep olmuştur (Türkiye'den verilen MW547009 ile MW547010 GenBank kodlu *S. divinum* aksesyonları, MW547011 GenBank kodlu aksesyon ile tez çalışmasında sekans analizi yapılan TUR 21-110 kodlu *S. medium* Trabzon-Köprübaşı örneği). Tez kapsamında çalışılan TUR 21-112 kodlu *S. palustre* Trabzon-Köprübaşı örneği, TUR 21-111 kodlu *S. papillosum* Trabzon-Köprübaşı örneği ve TUR 21-107 kodlu *S. centrale* Giresun-Derele örneği *Sphagnum* alt cinsi içinde destek değerleri olmadan politomi oluşturmuştur.

*Acutifolia* alt cinsi, Avrupa'da *Squarrosa*, *Insulosa*, *Polyclada* ve *Acutifolia* seksiyonlarını ve bu seksiyonların tür seviyesindeki taksonlarını içerirken, Türkiye'de sadece *Squarrosa* ve *Acutifolia* seksiyonlarını ve bu seksiyonlara ait taksonlarını ihtiva eder. *trnL-F* bölgesi ile yapılan filogenetik analiz bulgularında, *Squarrosa* seksiyonu (*S. squarrosus* ve *S. teres* taksonları) güçlü destek değeri ile (PP=1, BS=92, JK=95) çözümlenerek kümelenmiştir. Tez çalışması sonucu sekans analizi yapılan TUR 22-22 kodlu Giresun-Derele *S. teres* örneği ile GenBanktan alınan AY298337 ve AY298338 kodlu Norveç aksesyonları yine güçlü destek değerleri ile (PP=1, BS=95, JK=97) tek bir kladda kümelenmiştir. *Acutifolia* alt cinsinin *Acutifolia* seksiyonu ise yapılan analiz bulgularında, bu seksiyonun bazı taksonları bir kladda kümelenmiştir. Bu seksiyonda yer alan *S. girgensohnii* ile *S. fimbriatum* taksonları yüksek destek değerleri ile (PP=1, BS=76, JK=75) bir grup oluşturarak birbirinden ayrılmıştır. Ayrıca tez çalışması sonucu sekans analizi yapılan TUR 22-6 kodlu Trabzon-Çaykara *S. girgensohnii* örneği ile AY298113 GenBank kodlu ABD aksesyonu olan *S. girnsohnii* güçlü destek değeri ile (PP=1, BS=98, JK=97) bir klad oluşturmuştur. Tez çalışması sonucu sekans analizi yapılan TUR 22-25 kodlu Giresun-

Derele örneği ile AY298081 GenBank kodlu Macaristan aksasyonu olan *S. fimbriatum* ML ağacında %70 destek değeriyle bir kladda oluşum gösterirken, BI ağacında ise politomi oluşumu görölmektedir. *Acutifolia* seksiyonunun geriye kalan diğerk taksonları güçlü destek değeri ile (PP=1, BS=96, JK=98) bir klad oluşturmasına rağmen, farklı taksonlar PP= -, BS=58, JK=64 destek değeri ile tek klad oluştururken (AY298260 ABD aksasyonu *S. subtile* ile AY298107 Norveç aksasyonu *S. fuscum*), bazı aynı taksonlar (TUR 22-40 kodlu tez kapsamında sekans analizi yapılan Trabzon-Köprübaşı *S. capillifolium* örneği ile AY298001 ve AY298034 GenBank kodlu ABD aksasyonları olan *S. capillifolium*; TUR 22-3 kodlu Trabzon-Köprübaşı *S. fuscum* örneği ile AY298107 kodlu Norveç aksasyonu *S. fuscum*; AY298322 ve AY298260 kodlu ABD aksasyonları olan *S. subtile* gibi) politomi oluşturmuştur. Geriye kalan taksonlar ise MP analiz değeri olmadan (PP=1, BS=59, JK=-) ayrı bir kladda toplanırken yine aynı türe ait örnekler tek kladda kümelenmemiştir (örneğin; TUR 22-7 kodlu Rize-İkizdere *S. warnstorffii* örneği, AY298041 Rusya örneği ve AY347102 kodlu Finlandiya örneği olan *S. warnstorffii*). TUR 22-23 kodlu Rize-İkizdere *S. rubellum* örneği ile AY298353 kodlu Rusya aksasyonu olan *S. rubellum* düşük destek değeri (PP= -, BS= 63, JK=60) ile bir kladda toplanmış ancak bu klada TUR 22-7 kodlu *S. warnstorffii* örneği de dahil olmuştur. Ayrıca yine farklı tür taksonları (AF192590 kodlu ABD aksasyonu *S. warnstorffii*, AY298302 kodlu Lüksemburg aksasyonu *S. subnitens* ve AY298241 kodlu ABD aksasyonu *S. quinquefarium*) BI analiz değeri olmadan BS=87, JK=50 destek değeri ile ayrı bir kladda kümelenmiştir.

#### 4. TARTIŞMA

*Sphagnum* taksonların taksonomik seviyerini belirleme konusunda farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bunlardan biri *Sphagnum* cinsinin seksiyonlara (sections) bölündüğünü kabul eden yaklaşımdır (Shaw ve Goffinet, 2000; Shaw vd., 2003; Shaw vd., 2004; Natcheva ve Cronberg, 2007). *Sphagnum* taksonları üzerine yapılan eski çalışmalarda *Sphagnum* cinsi 4 büyük (*Acutifolia*, *Cuspidata*, *Sphagnum*, *Subsecunda*), 7 küçük seksiyonlar (*Hemitheca*, *Insulosa* (=Truncata), *Isocladus*, *Mollusca*, *Polyclada*, *Rigida*, *Squarrosa*)'a ayrılmıştır (Isoviita, 1966; Nyholm, 1969). Shaw (2000) yaptığı *trnL-F* (cpDNA), *rpl16* (cpDNA) ve ITS (nrDNA) bölgelerinin filogenetik analizi sonucunda *Sphagnum* taksonlarını 4 büyük seksiyon (*Cuspidata*, *Sphagnum*, *Acutifolia* ve *Subsecunda*)'da kümelendiğini *Squarrosa* ve *Rigida*'nın küçük seksiyonlar olduğunu bildirmiştir. Shaw vd. (2003) kloroplast ve nükleer DNA sekansı filogenetik analiz sonuçlarına göre; *Sphagnum* cinsinin 6 seksiyona bölündüğünü (*Sphagnum*, *Cuspidata*, *Rigida*, *Subsecunda*, *Squarrosa*, *Acutifolia*) bildirmiştir.

Diğer bir yaklaşım ise *Sphagnum* cinsinin alt cinslere ayrıldığını kabul eden yaklaşımdır. 2010 yılında Shaw vd. nükleer, plastid ve mitokondriyal genom sekansları ile yaptıkları çalışmada *Sphagnum* cinsinin 6 alt cinse bölündüğünü, *Acutifolia* alt cinsinin 3 seksiyona ayrıldığını (*Polyclada*, *Insulosa* ve *Acutifolia* bölümleri) ve *Squarrosa* alt cinsinin ise *Acutifolia* alt cinsine kardeş bir grup olduğunu rapor etmiştir. Shaw vd. (2016) iki organel (plastid ve mitokondri) genomunun filogenetik analizi sonucunda *Sphagnum* cinsinin 5 alt cinse (*Sphagnum*, *Cuspidata*, *Rigida*, *Subsecunda* ve *Acutifolia*) ayrıldığını, ayrıca *Squarrosa*'nın alt cins değil *Acutifolia* alt cinsinin 4 seksiyonundan (*Polyclada*, *Insulosa*, *Squarrosa* ve *Acutifolia*) biri olduğunu bildirmiştir. Aynı şekilde Shaw vd. (2018) plastid genomundan dört bölgenin (*rbcL*, *rps4*, *trnG*, and *trnL*) birleştirilmesi sonucu yaptıkları filogenetik analizde *Sphagnum* cinsinin 5 alt cinse sahip olduğunu bildirmiştir.

Son yıllarda mitokondri ve plastid genom dizilerine dayalı olarak yapılan çalışmalar dahilinde (Shaw vd., 2016; Shaw vd., 2018) Avrupa'da *Sphagnum* cinsi, alt cinse (subgenus) ayrılmıştır. Bu alt cinsler: *Acutifolia*, *Cuspidata*, *Rigida*, *Sphagnum* ve *Subsecunda*'dır (Shaw vd., 2016a; Laine vd., 2018). Ayrıca *Acutifolia* alt cinsi Avrupa'da *Squarrosa*, *Polyclada*, *Insulosa* ve *Acutifolia* olmak üzere dört seksiyona ayrılmıştır (Laine vd., 2018).

Bu tez çalışması kapsamında *Sphagnum* cinsine ait olan taksonlar güncel veriler ışığında (Nibau vd., 2022; van de Koot vd., 2021) beş ana alt cinse ayrılarak verilmiştir. Bunlar; *Acutifolia*, *Cuspidata*, *Rigida*, *Sphagnum* ve *Subsecunda*'dır. Ayrıca dünya genelinde *Acutifolia* alt cinsi *Squarrosa*, *Polyclada*, *Insulosa* ve *Acutifolia* olmak üzere dört seksiyona ayrılırken Türkiye'de *Acutifolia* alt cinsine ait olan *Polyclada* ve *Insulosa* seksiyonlarına ait olan taksonlar yayılış göstermediğinden *Squarrosa* ve *Acutifolia* seksiyonu şeklinde verilmiştir. Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında gerek tarafımızdan toplanan gerek Kırmacı vd. (2019)'nin ve Ören vd. (2017)'nin çalışmasında kullandıkları örnekler incelenmiş olup, toplanan/temin edilen örnekler üzerinden yürütülen morfolojik ve moleküler çalışmalar bu ayrımı desteklemektedir.

Antarktika dışındaki her kıtada temsil edilen (McQueen & Andrus, 2007) *Sphagnum* yosunlarının, dünya çapındaki toplam takson sayısının 300 ile 400 arasında olduğu (Eddy, 1979; Shaw, 2000; Shaw vd., 2003a) Avrupa'da ise  $\pm 60$  olduğu bildirilmiştir (Laine vd., 2018). Tanımlanan tür sayısındaki bu değişkenliğin sebebi, gametofitin farklı ekstrem çevre koşullarında yapısal değişiklikler göstermesine bağlı olarak birçok araştırmacının bu modifikasyonları yeni tür olarak tanımlamasıdır.

Ülkemizde *Sphagnum* cinsine ait taksonların teşhisinde morfotaksonomi yöntemi kullanılmakta ancak sözü edilen cinsin taksonlarını morfolojik olarak belirlenmede oldukça güçlük çekilmektedir. Bu durum morfotaksonomik sıkıntıları da beraberinde getirmiştir. Türkiye'den *Sphagnum* cinsine ait ilk takson kaydı *Sphagnum compactum* var. *brachycladum* verilmiştir (Schifner, 1896). Sonrasında bu takson *Sphagnum compactum* Lam. & DC. var. *subsquarrosus* Warnst.'a sinonim olmuştur. 1909 yılında Handel-Mazetti *Sphagnum compactum* Lam. & DC. var. *subsquarrosus* Warnst.'u *Sphagnum compactum* olarak kaydını vermiş ve aynı yıl Handel-Mazetti (1909) *Sphagnum subsecundum* taksonunu *Sphagnum subsecundum* var. *obesum* (Wilson) Schimp. olarak bildirmiştir. Ancak bildirilen bu taksonun Kürschner ve Frey (2011) tarafından taksonomik değeri olmadığı düşünülmektedir. *Sphagnum subsecundum* var. *obesum* (Wilson) Schimp. taksonu Davis vd. tarafından (1966) *S. subsecundum* Nees olarak rapor edilmiştir. 1988 yılında Çetin tarafından *S. angstroemii* C.Hartm ve *S. lescurii*'nin kaydı Türkiye karayosunları listesinde verilmiştir. Ancak *S. angstroemii* Kuzey Kutup bölgesinde bulunan (nadiren bu bölgenin güneyinde görülebilir) bir takson (Daniels ve Eddy, 1985) olduğu için ülkemizde bulunması muhtemel değildir. Shaw vd. (2008) *S. lescurii*'nin Corley vd. (1981) ve Smith (2004) tarafından yanlışlıkla Avrupa'da yayılışa sahip *S. denticulatum*'a sinonim edildiğini ve kuzey



Amerika'da yayılışa sahip bir takson olduğunu bildirmesi üzerine *S. lescurii* (Wilson) Schimp.'nin ülkemiz briyoflorasında yayılışı şüphelidir ve *S. auriculatum* Schimp. ile karıştırılmış olabilir. (Kürschner ve Frey, 2011, 2020). Gemici vd. (1998) tarafından *S. tურიere* olarak kaydı verilen taksonun bilimsel ismi yanlıştır. Dünya *Sphagnum*ları arasında bu isme rastlanmamıştır. 2013 yılında Kırmacı ve Kürschner tarafından verilen *S. magellanicum* kaydı Güney Amerika ile sınırlı olduğu ve tüm Avrupa kayıtlarının *S. medium* Limpr'e ait olduğu bildirilmesi (Hassel vd., 2018) üzerine 2019 yılında Kürschner vd. tarafından önceden *S. magellanicum* olarak bilinen taksonun tüm Avrupa kayıtlarının *S. medium* ve *S. divinum* olduğunu rapor edilmiştir.

Yukarıda bahsedilen tüm durumlar değerlendirildiğinde, *Sphagnum* yosunlarının morfotaksonomik temelli çalışmalarında taksonomik durumunun henüz tam olarak netleşmediğini, anahtar karakterler kullanılarak yapılan klasik yöntemle teşhiste morfolojik karakterler tam ayırt edici olmadığı için taksonları ayırt etmede zorluklarla karşılaşıldığını, *Sphagnum* taksonlarındaki yüksek modifikasyonlar ve varyasyon aralıklarının geniş olmasından dolayı teşhis problemlerinin olduğunu göstermektedir.

Türkiye'de yayılış gösteren *Sphagnum* yosunu çeşitliliği 2023 yılına kadar artan çalışmalar sonucunda önemli bir konuma getirilmiştir (Özdemir ve Çetin, 1999; Abay vd., 2009; Tonguç-Yayıntaş, 2013; Kırmacı ve Kürschner, 2013; Abay ve Keçeli, 2014; Özdemir ve Batan, 2016; Kırmacı ve Kürscher, 2017; Ören vd., 2017; Abay, 2017; Erata ve Batan, 2019; Kırmacı vd., 2019; Kürscher vd., 2019; Ellis vd., 2019a; Ellis vd., 2019b; Ellis vd., 2021; Erata vd., 2021). Bu tarihe kadar toplam 27 yeni *Sphagnum* cinsine ait tür seviyesinde takson kaydı verilmiştir. Bu taksonlardan 26'sı (*Sphagnum angustifolium* (Warnst.) CEO Jensen, *S. auriculatum* Schimp., *S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw., *S. centrale* CEO Jensen, *S. compactum* Lam. & DC., *S. contortum* KFSchultz, *S. cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm., *S. divinum* Flatberg & Hassel, *S. fallax* (H.Klinggr.) H.Klinggr. var. *fallax*, *S. fimbriatum* Wilson, *S. fuscum* (Schimp.) H.Klinggr., *S. girgensohnii* Russow, *S. inundatum* Russow, *S. medium* Limpr *S. molle* Sull., *S. palustre* L., *S. papillosum* Lindb., *S. platyphyllum* (Lindb. ex Braithw.) Warnst., *S. rubellum* Wilson, *S. squarrosum* Crome, *S. subfulvum* Sjörs, *S. subsecundum* Nees, *S. tenellum* (Brid.) Brid., *S. teres* (Schimp.) Ångstr., *S. warnstorffii* Russow, *S. quinquefarium* (Braithw.) Warnst) Türkiye'nin doğu Karadeniz bölgesinde yayılış gösterdiği bildirilmiştir (Schiffner, 1896; Handel-Mazzetti, 1909; Robinson ve Godfrey, 1960; Henderson, 1961; Davis vd., 1966; Henderson ve Prentice, 1969; Byfield ve Özhatay, 1997; Özdemir ve Çetin, 1999; Payne vd., 2007; Abay vd., 2009, 2016; Özdemir,

2009; Kırmacı ve Kürschner, 2013; Abay ve Keçeli, 2014; Özdemir ve Batan, 2016; Kırmacı vd., 2019; Ellis vd., 2019a; Ellis vd., 2019b; Ellis vd., 2021; Erata vd., 2021).

Bu tez çalışması kapsamında 2023 yılında Özen-Öztürk vd., tarafından verilen 3 *Sphagnum* taksonu (*S. fallax* var. *isoviitae*, *S. jensenii* ve *S. pylaesii*) ile beraber Türkiye’de yayılış gösteren *Sphagnum* cinsine ait takson sayısı (tür ve varyete) 30’a yükselmiştir. İlaveten yine bu tez çalışması kapsamında yapılan detaylı araştırma ve inceleme sonucunda *S. recurvum* P. Beauv. yeni kayıtları ile Türkiye’deki *Sphagnum* cinsine ait takson sayısının 31’e yükseldiği bulunmuştur.

Son çalışmalar ve tez çalışması sonucunda Türkiye’de *Sphagnum* cinsine ait takson sayısının 31’e yükselmesinin ardından, Avrupa’da ise bu sayı  $\pm 60$  olduğu düşünüldüğünde, Avrupa’da bulunan toplam *Sphagnum* takson sayısının yaklaşık %52’sinin Türkiye’de olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca Türkiye’de bulunan toplam 31 *Sphagnum* taksonun 30’unun (*S. flexuosum* hariç) doğu Karadeniz bölgesinde tespit edilmesiyle Türkiye’de bulunan toplam *Sphagnum* takson sayısının yaklaşık %97’sinin bu bölgede olduğu bilinmektedir. Doğu Karadeniz bölgesi, Avrupa-Sibirya floristik bölgesi iklimi altında ve Submeridional bölgesinde olduğundan, bu bölgede çok sayıda sulak alan habitatı (battaniyemsi bataklıklar, düz bataklıklar ve turbalıklar) bulunmaktadır. Turbalık ve bataklıkların en yaygın olduğu doğu Karadeniz bölgesi, *Sphagnum* yosunlarının dağılımı açısından önemli bir konuma sahiptir. Bu faktörler bir araya geldiğinde *Sphagnum* türlerinin çeşitliliği ve büyümesi bu bölgede oldukça fazladır.

Türkiye’de yayılış gösteren bazı *Sphagnum* cinsine ait taksonlarının biyosistematik yönden incelenmesi amacıyla yapılan bu çalışma ile 21 istasyondan toplanan/temin edilen örneklerin incelenmesi sonucunda 28 takson (tür ve varyete) morfolojik olarak tanımlanmıştır. Bu 28 taksondan; 5’i *Sphagnum* alt cinsine, 1’i *Rigida* alt cinsine, 2’si *Acutifolia* alt cinsinin *Squarrosa* seksiyonuna, 8’i *Acutifolia* alt cinsinin *Acutifolia* seksiyonuna, 6’sı *Cuspidata* alt cinsine ve 6’sı *Subsecunda* alt cinsine aittir. İller bazında bakıldığında arazi çalışmaları sonucunda Giresun ilinden 18 takson, Trabzon ilinden 15 takson, Rize ilinden 11 takson, Artvin ilinden temin edilen 2 ve Sakarya ilinden temin edilen 1 takson morfolojik olarak incelenmiş ve tespit edilmiştir. Giresun ilinden tespit edilen 18 taksonun 2’si *Sphagnum* alt cinsine, 2’si *Acutifolia* alt cinsinin *Squarrosa* seksiyonuna, 4’ü *Acutifolia* alt cinsinin *Acutifolia* seksiyonuna, 4’ü *Cuspidata* alt cinsine ve 6’sı *Subsecunda* alt cinsine aittir. Trabzon ilinden tespit edilen 15 taksonun 4’ü *Sphagnum* alt cinsine, 1’i *Rigida* alt cinsine, 6’sı *Acutifolia* alt cinsinin *Acutifolia* seksiyonuna, 1’i *Cuspidata* alt cinsine

ve 3'ü *Subsecunda* alt cinsine aittir. Rize ilinden verilen 11 taksonun 1'i *Sphagnum* alt cinsine, 2'si *Acutifolia* alt cinsinin *Squarrosa* seksiyonuna, 5'i *Acutifolia* alt cinsinin *Acutifolia* seksiyonuna, 1'i *Cuspidata* alt cinsine ve 2'si *Subsecunda* alt cinsine aittir. Artvin ilinden verilen 2 taksonun 1'i *Sphagnum* alt cinsine ve 1'i *Cuspidata* alt cinsine aittir. Sakarya ilinden verilen 1 takson ise *Cuspidata* alt cinsine aittir (Tablo 9).

Tablo 9. Tez kapsamında morfolojik tespiti yapılan *Sphagnum* taksonlarına ait genel sonuç tablosu

| ALT CİNS                                           | Takson                                 | Giresun | Trabzon | Rize | Artvin | Sakarya |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------|---------|---------|------|--------|---------|
| <b>SPHAGNUM</b>                                    | <i>S. centrale</i>                     | +       | +       | +    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. palustre</i>                     | +       | +       | -    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. papillosum</i>                   | -       | +       | -    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. divinum</i>                      | -       | -       | -    | +      | -       |
|                                                    | <i>S. medium</i>                       | -       | +       | -    | -      | -       |
| <b>RIGIDA</b>                                      | <i>S. compactum</i>                    | -       | +       | -    | -      | -       |
| <b>ACUTIFOLIA</b><br>1. Seksiyon: <i>Squarrosa</i> | <i>S. squarrosum</i>                   | +       | -       | +    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. teres</i>                        | +       | -       | +    | -      | -       |
| 2. Seksiyon: <i>Acutifolia</i>                     | <i>S. fimbriatum</i>                   | +       | -       | +    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. girgensohnii</i>                 | +       | +       | +    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. quinquefarium</i>                | +       | -       | -    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. capillifolium</i>                | +       | +       | +    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. fuscum</i>                       | -       | +       | -    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. subfulvum</i>                    | -       | +       | -    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. warnstorffii</i>                 | -       | +       | +    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. rubellum</i>                     | -       | +       | +    | -      | -       |
| <b>CUSPIDATA</b>                                   | <i>S. tenellum</i>                     | -       | -       | -    | +      | -       |
|                                                    | <i>S. jensenii</i>                     | +       | -       | -    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. recurvum</i>                     | +       | -       | -    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. flexuosum</i>                    | -       | -       | -    | -      | +       |
|                                                    | <i>S. fallax</i> var. <i>fallax</i>    | +       | +       | +    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. fallax</i> var. <i>isoviitae</i> | +       | -       | -    | -      | -       |
| <b>SUBSECUNDA</b>                                  | <i>S. pylaesii</i>                     | +       | -       | -    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. contortum</i>                    | +       | +       | +    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. platyphyllum</i>                 | +       | +       | +    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. subsecundum</i>                  | +       | +       | -    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. inundatum</i>                    | +       | -       | -    | -      | -       |
|                                                    | <i>S. auriculatum</i>                  | +       | -       | -    | -      | -       |

Tez kapsamında yapılan tüm analizler değerlendirildiğinde, Türkiye’de yayılış gösteren 31 *Sphagnum* taksonundan 28’i morfolojik olarak tespit edilirken, 15 farklı takson (toplam 16 takson) ise moleküler çalışmalarla filogenetik analizi yapılmıştır (Tablo 10).

Tablo 10. Genel sonuç tablosu

| ALT CİNS                                           | Türkiye’de Bulunan <i>Sphagnum</i> Taksonları | Tez Kapsamında Morfolojik Olarak Tespit Edilen | Tez Kapsamında Filogenetik Analizi Yapılan |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>SPHAGNUM</b>                                    | <i>S. centrale</i>                            | +                                              | +                                          |
|                                                    | <i>S. palustre</i>                            | +                                              | +                                          |
|                                                    | <i>S. papillosum</i>                          | +                                              | +                                          |
|                                                    | <i>S. divinum</i>                             | +                                              | -                                          |
|                                                    | <i>S. medium</i>                              | +                                              | +                                          |
| <b>RIGIDA</b>                                      | <i>S. compactum</i>                           | +                                              | +                                          |
| <b>ACUTIFOLIA</b><br>1. Seksiyon: <i>Squarrosa</i> | <i>S. squarrosus</i>                          | +                                              | -                                          |
|                                                    | <i>S. teres</i>                               | +                                              | +                                          |
| 2. Seksiyon: <i>Acutifolia</i>                     | <i>S. fimbriatum</i>                          | +                                              | +                                          |
|                                                    | <i>S. girgensohnii</i>                        | +                                              | +                                          |
|                                                    | <i>S. quinquefarium</i>                       | +                                              | -                                          |
|                                                    | <i>S. capillifolium</i>                       | +                                              | +                                          |
|                                                    | <i>S. fuscum</i>                              | +                                              | +                                          |
|                                                    | <i>S. subfulvum</i>                           | +                                              | -                                          |
|                                                    | <i>S. warnstorffii</i>                        | +                                              | +                                          |
|                                                    | <i>S. rubellum</i>                            | +                                              | +                                          |
|                                                    | <i>S. molle</i>                               | -                                              | -                                          |
|                                                    | <i>S. tenellum</i>                            | +                                              | -                                          |
| <b>CUSPIDATA</b>                                   | <i>S. jensenii</i>                            | +                                              | -                                          |
|                                                    | <i>S. recurvum</i>                            | +                                              | -                                          |
|                                                    | <i>S. flexuosum</i>                           | +                                              | -                                          |
|                                                    | <i>S. fallax</i> var. <i>fallax</i>           | +                                              | +                                          |
|                                                    | <i>S. fallax</i> var. <i>isoviitae</i>        | +                                              | -                                          |
|                                                    | <i>S. angustifolium</i>                       | -                                              | -                                          |
|                                                    | <i>S. cuspidatum</i>                          | -                                              | -                                          |
|                                                    | <i>S. pyraeii</i>                             | +                                              | -                                          |
| <b>SUBSECUNDA</b>                                  | <i>S. contortum</i>                           | +                                              | +(x2)                                      |
|                                                    | <i>S. platyphyllum</i>                        | +                                              | -                                          |
|                                                    | <i>S. subsecundum</i>                         | +                                              | -                                          |
|                                                    | <i>S. inundatum</i>                           | +                                              | -                                          |
|                                                    | <i>S. auriculatum</i>                         | +                                              | +                                          |



Tez kapsamında verilen filogenetik ağaç (Şekil 47) alttan üste doğru alt cins irdelendiğinde; *Sphagnum* cinsine ait alt cinsler (*Cuspidata*, *Subsecunda*, *Rigida*, *Sphagnum* ve *Acutifolia*) içerisinde *Cuspidata* hariç monofiletik kladlar oluşturmuştur.

*Cuspidata* alt cinsi bu analiz sonucunda, monofiletik bir grup olarak çözümlenememiştir. Kullanılan *trnL*-F bölgesi (cpDNA) bu alt cinsi monofiletik bir grup olduğunu çözmede ve taksonlarını tek bir kladda bir araya getirmede tek başına yetersiz olmasına rağmen tür düzeyindeki taksonları ayırmada faydalı olmuştur. Ancak kullanılan *trnL*-F bölgesi, "recurvum kompleksi" (Flatberg, 1992) içinde bulunduğu bilinen *S. recurvum*, *S. fallax* var. *fallax* ve *S. obtusum* taksonlarının yer aldığı *Cuspidata* alt cinsi için yeterince bilgi sağlamamıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuç Shaw (2000)'ın sonuçları ile örtüşmektedir. Shaw (2000) *trnL*-F bölgesi veya *rpl16* bölgesi ile yapılan filogenetik analiz sonucunda *Cuspidata*'nın monofiletik bir grup olarak çözülmediğini ancak iki kloroplast geni birleştirildiğinde monofiletik bir grup olduğunu bildirmiştir. Ayrıca iki organel (plastid ve mitokondri) genomunun filogenetik analizi sonucunda (Shaw vd., 2016) ve plastid genomundan dört bölgenin (*rbcL*, *rps4*, *trnG*, and *trnL*) birleştirilmesi sonucu yapılan filogenetik analizde (Shaw vd., 2018) *Cuspidata*'nın sistematik kategorisinin alt cins seviyesinde olduğu ortaya konulmuştur.

*Subsecunda* alt cinsi bu analiz sonucunda, düşük destek değerli monofiletik bir grup olduğu anlaşılmıştır ve tez çalışmasında kullanılan *trnL*-F bölgesi bu alt cinsin üyelerini tek bir kladda bir araya getirmede ve tür düzeyindeki taksonları ayırmada başarılı olmuştur. Bu çalışmada elde edilen sonuç Shaw vd. (2016, 2018)'in sonuçları örtüşmektedir. Ayrıca *Subsecunda* kladında bulunan taksonlar (*S. contortum*, *S. auriculatum* ve *S. subsecundum*) değerlendirildiğinde, *S. auriculatum*'a en yakın türün *S. contortum* olduğu ve tez çalışmasında sekans analizi yapılan TUR 21-108 ve TUR 22-4 kodlu *S. contortum* örnekleri ile GQ370665 GenBank kodlu ABD (New York) aksesyonu arasında bazı farklılıklarının ve dolayısıyla tür içi varyasyonlarının olduğu anlaşılmıştır. Shaw (2000)'ın iki cpDNA bölgesi (*trnL*-F ve *rpl16*) ve bir nrDNA bölgesi (ITS) üzerine yaptığı filogenetik çalışma sonucunda, bu bölgelerin ayrı ayrı analizinde *Subsecunda* monofiletik bir grup olarak çözümlenememiştir. Sadece *trnL*-F, *rpl16* ve ITS bölgeleri birleştirildiğinde ve *S. palustre* dış grup olarak seçildiğinde %72 destek değeri ile monofiletik bir grup olduğu bildirilmiştir (Shaw, 2000). Tez kapsamında yapılan bu çalışma sonucunda diğer gen bölgelerine ihtiyaç olmadan *Subsecunda* alt cinsinin düşük destek değerli monofiletik bir grup olduğu doğrulanmıştır. Ancak Eddy (1977) tropikal Asya'nın *Sphagnales*'i adlı çalışmasında

*Sphagnum* taksonları için bir diyagram (filogenetik ağaç değil) vererek, *Subsecunda* alt cinsinin tüm *Sphagnum* taksonlarının en ilkel grubu olarak kabul edildiğini ve *Subsecunda* alt cinsinin *Sphagnum*'un geri kalan tüm türlerine parafiletik grup olduğunu bildirmiştir. Tez çalışması ve son yıllarda *Sphagnum* taksonları üzerine yapılan filogenetik analizler sonucunda (Shaw vd., 2016; Shaw vd., 2018) Eddy (1977) tarafından bildirilen *Subsecunda* alt cinsinin parafiletik olduğu bilgisinin doğru bir sonuç olmadığı ve *Subsecunda* alt cinsinin monofiletik olduğu kesinleşmiştir. Ayrıca iki organel (plastid ve mitokondri) genomu bölgeleri (Shaw vd., 2016) ve dört plastid gen bölgelerinin (*rbcL*, *rps4*, *trnG*, and *trnL*) birleştirilmesi ile yapılan filogenetik analizde (Shaw vd., 2018) *Subsecunda*'nın sistematik kategorisinin alt cins seviyesinde olduğu ortaya konulmuştur.

*Rigida* alt cinsinin monofiletik bir grup olduğunu tez kapsamında kullanılan *trnL-F* bölgesi tek başına çözmede yeterli olmuştur. Tek gen bölgesi analizi sonucunda yüksek dereceli destek değerleri ile monofiletik bir subgenus olarak çözerken iki veya daha fazla gen bölgesi birleştirildiğinde destek değerleri güçlü (%90'dan büyük) olarak çözümlenmektedir (Shaw, 2000). Bu çalışmada elde edilen sonuç Shaw (2000)'ın sonuçları ile örtüşmektedir. Dünya çapında iki (*S. strictum* ve *S. compactum*), Türkiye'de bir takson (*S. compactum*) barındıran bu alt cinsin filogenetik ağaçtaki dallanma şekli, taksonların kendi içlerinde baz farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Bu durum tür içerisinde varyasyonların olduğunu işaret etmektedir. Ayrıca Shaw vd. (2016), iki organel (plastid ve mitokondri) genomunun filogenetik analizi sonucunda *Sphagnum* cinsine ait tüm taksonların 2 büyük kladda toplandığını (*Subsecunda+Cuspidata* kladı ve *Sphagnum+Acutifolia* kladı), *Rigida* alt cinsinin *Sphagnum* cinsine bağlı tüm alt cinslerine kardeş grup olduğunu ve monofiletik bir grup olduğunu rapor etmiştir. Ancak Shaw vd. (2018) dört plastid gen bölgelerinin (*rbcL*, *rps4*, *trnG*, and *trnL*) birleştirilmesi sonucu yaptıkları filogenetik analizde *Sphagnum* cinsinin 5 alt cinse sahip olduğunu, *Rigida* alt cinsinin diğer tüm alt cinslere kardeş grup olduğunun belirsiz olduğunu ve *Cuspidata*, *Subsecunda*, *Acutifolia* ve *Sphagnum* alt cinslerin iki büyük kladda çözümlendiğini rapor etmiştir. Bu tez çalışmasında sadece *trnL-F* bölgesi ile yapılan analiz sonucunda *Rigida* alt cinsi *Sphagnum* ve *Acutifolia* alt cinslerine kardeş grup olarak çözülmüştür.

*Sphagnum* alt cinsi bu analiz sonucunda, monofiletik bir grup olduğu anlaşılmıştır. Ancak bu alt cinsin taksonları arasında tam bir çözümlenme gözlenmemiştir. *Sphagnum* alt cinsi kladında farklı taksonlar (*S. centrale*, *S. palustre*, *S. papillosum*, *S. divinum*, *S. medium*) olmasına karşın çalışılan *trnL-F* bölgesi ismi geçen taksonları ayırmakta tek başına yeterli

olmamıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuç Shaw (2000)'ın sonuçları ile örtüşmektedir. *Sphagnum* alt cinsinin nükleer DNA (ITS) ile *trnL-F* veya *rpl16* gibi cpDNA bölgelerinden birinin olduğu analizde %85-90'dan fazla destek değerleri ile monofiletik bir grup olarak çözümlendiğini bildirmiştir. Ayrıca bu çalışma ile önceden *S. magellanicum* olarak bilinen ve son çalışmalarla (Hassel vd., 2018; Kürschner vd., 2019) tüm Avrupa kayıtları *S. medium* ve *S. divinum* olarak ayrılan bu iki taksonun birbiri ile yakın ilişkili olduğu ortaya konmuştur. Ancak çalışılan *trnL-F* bölgesi bu iki taksonun ayrılmasını desteklememiştir. Kırmacı vd. (2022) tarafından ülkemizde yayılış gösten *Sphagnum* cinsine ait alt cinslerden (*Cuspidata*, *Subsecunda*, *Sphagnum*, *Acutifolia* ve *Rigida*) sadece *Sphagnum* alt cinsine ait 5 taksonun (*S. palustre*, *S. centrale*, *S. papillosum*, *S. divinum* ve *S. medium*) *trnL-F* bölgesinin filogenetik analizi yapılmış ve analiz sonucunda bu bölgenin *S. palustre*, *S. centrale*, *S. divinum* ve *S. medium* taksonlarını ayrı tür olarak çözemediğini ve bu da çalışmanın bir zayıflığı olarak kabul edilebileceğini rapor etmiştir. Ancak Kırmacı vd. (2022)'nin çalışmasında *Sphagnum* alt cinsinin monofiletik bir grup olup olmadığı konusunda detaylı açıklama yapılmamıştır.

Bu çalışmada *trnL-F* bölgesi ile yapılan filogenetik analiz sonucunda *Acutifolia* alt cinsinin *Squarrosa* seksiyonu (*S. squarrosom* ve *S. teres* taksonları) monofiletik bir grup olarak çözülürken, *Acutifolia* seksiyonunda bulunan bazı taksonları monofiletik bir grup olarak çözmemiştir. Ayrıca *Squarrosa* seksiyonu *Acutifolia* seksiyonuna kardeş olarak çözümlenmiştir. Shaw (2000) *Squarrosa*'nın, güçlü desteklenen monofiletik bir grup olduğunu ancak *trnL-F* bölgesi filogenisi bu seksiyonu destek değerleri olmadan *Acutifolia*, *Sphagnum* ve *Rigida* alt cinslerine kardeş grup olarak çözdüğünü ancak bu bölge ITS ile dizi kombinasyonu oluşturulduğunda *Squarrosa* seksiyonu %74 destek değeri ile *Acutifolia* seksiyonu ile kardeş grup ilişkisini desteklediğini bildirmiştir. Bu çalışmada *Acutifolia* alt cinsinin *Acutifolia* seksiyonu ise yapılan analiz sonucunda, bu seksiyonun bazı taksonları monofiletik bir kladda kümelenmiştir. Bu seksiyonda yer alan *S. girgensohnii* ile *S. fimbriatum* taksonları yüksek destek değerleri ile monofiletik bir grup oluşturarak birbirinden ayrılmıştır. Ancak *trnL-F* bölgesinin, bazı taksonları net ayırmadığı görülmektedir. *Acutifolia* seksiyonunun geriye kalan diğer taksonları güçlü destek değerleri ile monofiletik bir grup oluşturmaya rağmen, farklı taksonlar tek kladda kümelenirken (*S. warnstorffii* ve *S. rubellum*) bazı aynı taksonlar politomi oluşturmuştur (*S. capillifolium*, *S. fuscum* gibi). Bu sonuç *Acutifolia* seksiyonundan bazı takson gruplarının *trnL-F* bölgesi filogenisi açısından tam olarak çözümlenmediğini gösterir. Sonuç olarak *trnL-F* filogenisi,

*Acutifolia* alt cinsini ayırmakta başarılı olduğu ancak *Acutifolia* seksiyonundaki taksonları ayırmak konusunda yeterli olmadığını gösterir. Bu çalışmada elde edilen sonuç Shaw (2000)'in sonuçları ile örtüşmektedir. Shaw (2000)'a göre iki kloroplast genom bölgesi olan *trnL-F* ve *rpl16* sekansı sonucu yapılan filogenetik analizler, *Acutifolia* seksiyonunu monofiletik bir grup olarak çözmediğini, bu bölgelere ilave olarak ITS çalışmaları eklendiğinde çoklu gen analizinin bu seksiyonu monofiletik bir grup olarak çözdüğünü bildirmiştir.

Bu tez çalışması Türkiye'de yayılış gösteren *Sphagnum* cinsine ait tüm alt cinsleri kapsayan çoğu taksonların içinde bulunduğu hem sistematik hem de filogenetik yapısının anlaşılması için yapılan geniş kapsamlı ilk çalışmadır.

Tez kapsamında çalışılan *Sphagnum* cinsine ait tüm alt cinsler değerlendirildiğinde kendi aralarında morfolojik tanımlamalarına benzerlik gösterecek şekilde kümelenmiştir. Ayrıca alt cinslerde yer alan çoğu türler de morfolojik tanımlamalarına benzerlik gösterecek şekilde aynı türe ait örnekler kendi aralarında kümelenmiştir. Sadece *Sphagnum* alt cinsinin bazı taksonları ile *Acutifolia* seksiyonun bazı taksonları bu kümelenmeyi kapsamaz. Bu durum morfolojik tanımlamaların yetersiz olduğunu değil, tez kapsamında çalışılan tek genom bölgesi (*trnL-F*)'nin kullanılmasından kaynaklı olduğunu gösterir. Bu sonuçlar bu cinsten yer alan taksonların morfolojik özelliklerinin oldukça sabit olduğunu göstermektedir.



## 5. SONUÇLAR

1. Bu çalışma Türkiye’de *Sphagnum* cinsi taksonları üzerine yapılan ilk geniş kapsamlı morfolojik ve filogenetik bir çalışmadır.
2. İncelenen taksonların betimleri genişletilmiş, yayılış alan bilgileri arttırılmış ve yeni bir teşhis anahtarı hazırlanmıştır.
3. Morfotaksonomik çalışmalar sonucunda 4 *Sphagnum* taksonu (*S. fallax* var. *isoviitae*, *S. jensenii*, *S. pylaesii* ve *S. recurvum*) Türkiye için yeni kayıt olarak verilmiştir. Bunlardan 3 *Sphagnum* taksonu (*S. fallax* var. *isoviitae*, *S. jensenii* ve *S. pylaesii*) Türkiye ve güney-batı Asya için yeni kayıt olarak yayınlanmıştır (Özen-Öztürk vd., 2023).
4. Ayrıca tez kapsamında morfolojik olarak tespit edilen 28 taksonun detaylı yan dal yaprağı, gövde yaprağı ve hücreleri, yan dal yaprağı enine kesiti ve gövde yaprağı enine kesiti, por ve fibril gibi kısımlarına ait dijital fotoğraflar oluşturulmasıyla Türkiye’de yayılış gösteren 31 taksondan 28’inin yer aldığı ilk ve geniş çaplı morfolojik çalışma niteliğindedir.
5. İncelenen taksonların geniş kapsamlı filogenetik analizi ilk kez bu çalışmada rapor edilmiştir.
6. Türkiye’de *Sphagnum* cinsine ait 5 alt cins (*Cuspidata*, *Subsecunda*, *Rigida*, *Sphagnum* ve *Acutifolia*)’den sadece 1 alt cinsine ait 5 taksonun filogenetik analizi yapılmasına (Kırmacı vd., 2022) karşın, bu tez çalışması 5 alt cinsi kapsayan 16 taksonun filogenetik analizinin yapıldığı ilk çalışma olmuştur.
7. *trnL-F* bölgesi uzunluğunun 641-733 baz çifti (bç) ve %GC içeriğinin 31,9-34,0 arasında değiştiği tespit edilmiştir.
8. Bu çalışma ile *Sphagnum* cinsine ait alt cinslerin (*Cuspidata* alt cinsi hariç) monofiletik olduğu doğrulanmıştır.
9. Filogenetik ağaç incelendiğinde bazı kladlarda *trnL-F* güçlü destekle çözümleme sunarken bazı kladlarda düşük destekle çözümleme sunduğu tespit edilmiştir.
10. Elde edilen morfolojik ve moleküler veriler ile bu cinsin taksonomisine ve filogenisine katkılar sağlanmıştır.

## 6. ÖNERİLER

Bu tez, Türkiye’de yayılış gösteren tüm *Sphagnum* alt cinslerini kapsayan çoğu takson örneklerinin morfolojik ve moleküler çalışmalara dahil olduğu en kapsamlı çalışma olmuştur. Ayrıca verimli bir çalışma takvimi sonucunda Türkiye’den 4 yeni *Sphagnum* taksonu kaydı ilk defa bulunmuştur. Türkiye’de 2023 yılına kadar yapılan çalışmalar sonucunda toplam 27 *Sphagnum* takson kaydı verilirken bu tez çalışmasının sonucu olarak bu rakam 31’e yükselmiştir. Tez kapsamında Türkiye’de yayılış gösteren 31 *Sphagnum* taksonundan 28’i morfolojik karakterlere göre tespit edilirken, diğer 3 taksona ulaşıp bu taksonların da morfolojik karakterizasyonu yapılmalıdır. Ayrıca yine bu 31 *Sphagnum* taksonundan 15 farklı olmak üzere toplam 16 takson tez kapsamında moleküler filogenetik çalışmalarda kullanılmıştır. Geriye kalan 16 farklı taksonun da filogenisi çalışılmalıdır.

*Sphagnum* cinsinde yer alan bütün taksonlara ulaşarak moleküler çalışmalar sayesinde sistematigi çözümlenebilir. Bu çalışmada sadece cpDNA bölgelerinden biri olan *trnL-F* bölgesi çalışılmıştır. *trnL-F* bölgesi hariç diğer cpDNA üzerinde bulunan *rbcL*, *trnG*, *trnH*, *trnK*, *matK*, *rpl16*, *rpoA* gibi bölgeleri de kullanılarak yakın ilişkili türler arasındaki filogenetik pozisyon net bir şekilde ortaya konabilir ve bu cinsin ülkemizdeki taksonomik durumu netlik kazanabilir. Ayrıca filogenetik sistematik çalışmalarda sıklıkla kullanılan ve nükleer DNA üzerinde bulunan ITS bölgesi kullanılarak yine *Sphagnum* cinsi taksonları üzerine moleküler çalışmalar yapılarak sistematik durumu net şekilde ortaya konabilir. Aynı şekilde *S. magellanicum*’dan ayrılan *S. divinum* ve *S. medium* taksonlarının birbiri ile yakın ilişkili olduğu ortaya konmuştur, ancak bu iki taksonun net ayrımının yapılabilmesi için ilave markırlarla çalışılması gerekir. Ayrıca *Cuspidata* alt cinsinin monofiletik bir grup olduğunun doğrulanması ve *Acutifolia* seksiyonunda bulunan taksonlar arasında net ayrımın yapılabilmesi için ilave markırlarla çalışılması gerekir.

## 7. KAYNAKLAR

- Abay, G., Uyar, G., Keçeli, T. ve Çetin, B., 2009a. *Sphagnum centrale* and other remarkable bryophyte records from the Kaçkar Mountains (Northern Turkey), Cryptogamie, Bryologie, 30, 3, 399-407.
- Abay, G. ve Keçeli, T., 2014. *Sphagnum molle* (Sphagnaceae, Bryophyta) in Turkey and SW Asia, Cryptogamie, Bryologie, 35, 105-112.
- Abay, G., Batan, N. ve Özdemir, T., 2016. Bryophyte checklist of Rize, North-East Turkey, Arctoa, 25, 386-392.
- Abay, G., 2017. A preliminary list of subalpine and alpine bryophytes of Rize, North-East Turkey, Anatolian Bryology, 3:2, 75-80.
- Abay, G., Erata, H., Batan, N. ve Özdemir, T., 2022. Two new records for the bryophyte flora of Turkey and Southwest Asia, Plant Biosystems, 156, 4, 875-881. Doi: 10.1080/11263504.2021.1947407.
- Ajawatanawong, P., 2016. Molecular phylogenetics: Concept for a newcomer, Adv Biochem Eng Biotechnol, 160, 185-196.
- Andrus, R. E. 1980. *Sphagnaceae* (peat moss family) of New York State, New York State Bulletin, 443, 1-89.
- Anşin R. 1981. Main vegetation types inner and coastal part of east black sea region. Journal of the Forestry Faculty of the Karadeniz Technical University, 4, 1, 14-25.
- Akhani, H., 2007. Diversity, biogeography, and photosynthetic pathways of *Argusia* and *Heliotropium* (*Boraginaceae*) in South-West Asia with an analysis of phytogeographic units, Botanical Journal of the Linnean Society, 155, 401-425.
- Akman Y. 1999. İklim ve Biyoiklim (Biyoiklim Metodları ve Türkiye İklimleri). Kariyer Matbaacılık. Ankara.
- Aksoy, A., Halıcı, M., G. ve Uysal, T., 2012. Bölüm 2, Filogenetik Sistematiği. Şu eserde: Aytaç, Z., İğci, B., K., (Çeviri Edlr.) Bitki Sistematiği, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Arnheim, N., 1983. Concerted evolution of multigene families, In: Nei, M., Koehn, R. Eds., Evolution of Genes and Proteins, Sinauer, Sunderland, MA, 38-61.
- Atherton, L., Bosanquet, S. ve Lawley, M., 2010. Mosses and Liverworts of Britain and Ireland a field guide, Published by British Bryological Society.
- Ayotte, G. ve Rochefort L., 2021. *Sphagnum* Mosses of Eastern Canada, Les Éditions JFD inc., ISBN: 978-2-89799-093-0.

- Baloğlu, M., C., 2020. Biyoinformatik Temelleri ve Uygulamaları, Pegem Akademi, ISBN: 978-625-7052-75-7, DOI: 20. 14527/9786257052757.
- Bastien, D., F. ve Garneau, M., 1997. Macroscopic Identification Key of 36 *Sphagnum* Species In Eastern Canada, Geological Survey of Canada Miscellaneous Report 61.
- Batan, N., Atamov, V., Ekşi, S. ve Erata, H., 2018a. Contrubition to the bryophyte flora of the İkizdere district (Rize, Turkey), Phytologia Balcanica, 24, 1, 9-15.
- Batan, N., Alataş, M., Erata, H. ve Özdemir, T., 2019. Two remarkable moss species new to Turkey and South-west Asia, Plant Biosystems, 153, 2, 195-198.
- Beckert, S., Steinhauser, S., Muhle, H. ve Knoop, V., 1999. A molecular phylogeny of the bryophytes based on nucleotide sequences of the mitochondrial *nad5* gene, Plant Syst. Evol. 218, 179-192.
- Belkevich, P. I., Gayduk, K. A. ve Christova, L. R. 1976. Possibility of using peat for natural environment protection. Proc. int. Peat Congr. 5th, 1, 328-348.
- Bland, J. 1971. Forests of Lilliput. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N. J. 210 Pp.
- Borsch, T. ve Quandt, D. 2009. Mutational dynamics and phylogenetic utility of noncoding chloroplast DNA, Plant Systematics and Evolution, 282, 169-199.
- Boudier P. 1988. Differenciación estructural de l'eiperme du sporogone chez *Sphagnum fimbriatum* Wilson, Annales des Sciences Naturelles Botanique, Paris, 8, 143-156.
- Bragina A., Oberauner-Wappis L., Zachow C., et al. 2014. The *Sphagnum* microbiome supports bog ecosystem functioning under extreme conditions, Molecular Ecology, 23, 4498–4510.
- Buck, W.R., Goffinet, B., Shaw, A.J., 2000. Testing morphological concepts of orders of pleurocarpous mosses (Bryophyta) using phylogenetic reconstructions based on trnL-trnF and rps4 sequences, Mol. Phylogenet. Evol. 16, 180-198.
- Budke J.M., ve Goffinet B. 2006. Phylogenetic analyses of *Timmiaceae* (Bryophyta: Musci) based on nuclear and chloroplast sequence data, Systematic Botany, 31, 633-641.
- Burmeister E. G., 1990. Die Tierwelt der Moore (speziell der Hochmoore). (Animals of peatlands, with special attention to bogs) In: K. Göttlich (Ed.). Moor- und Torfkunde, 3th ed., Schweizerbart, Stuttgart, 29-49.
- Byfield, A. ve Özhatay, N., 1997. A Future for Turkey's Peatlands: A Conservation Strategy for Turkey's Peatland Heritage. Doğal Hayati Koruma Derneği: Istanbul.
- Casas, C., Brugués, M., Cros RM Sérgio, C., 2006. Handbook of mosses of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.
- Cardona-Correa, C., Piotrowski, M. J., Knack, J. J., Kodner, R. E., Geary, D. H., ve Graham, L. E., 2016. Peat moss-like vegetative remains from Ordovician carbonates, International Journal of Plant Science, 177, 523-538.



- Chang, Y., Graham, S.W., 2011. Inferring the higher-order phylogeny of mosses (Bryophyta) and relatives using a large multigene plastid data set, Am. J. Bot., 98, 839-849.
- Clegg, M., T., Learn, G., H., ve Golenberg, E., M., 1991. Chapter 7, Molecular Evolution of Chloroplast DNA. –In: Selander, R., K., Clark, A., G., ve Whittam, T., S. (eds.), Evolution at the Molecular Level. Sinauer Associates, Sunderland, MA, 135-149.
- Clymo, R.S., 1963. Ion Exchange in *Sphagnum* and its relation to bog ecology, Annals of Botany, New Series, 27, 309-324.
- Clymo, R.S., ve Hayward, P.M., 1982. The ecology of *Sphagnum*, In: Smith, A.J.E, (Ed.), Bryophyte Ecology, 229-289. Chapman ve Hall, London.
- Clymo, D., 2008. Executive Summary. In: Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., Silvius, M. ve Stringer, L. (Eds) 2008. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.
- Corley, M.F.V., Crundwell, A.C., Düll, R., Hill, M.O. ve Smith, A.J.E. 1981. Mosses of Europe and the Azores: an annotated list of species with synonyms from the recent literature, J. Bryol. 11, 609-689.
- Cox, C.J., Goffinet, B., Newton, A.E., Shaw, A.J., Hedderson, T.A.J., 2000. Phylogenetic relationships among the diplolepideous-alternate mosses (Bryidae) inferred from nuclear and chloroplast DNA sequences, Bryologist, 103, 224-241.
- Cox, C.J., Goffinet, B., Shaw, A.J., Boles, S.B., 2004. Phylogenetic relationships among the mosses based on heterogeneous Bayesian analysis of multiple genes from multiple genomic compartments, Syst. Bot., 29, 234-250.
- Cox, C.J., Goffinet, B., Wickett, N.J., Boles, S.B., Shaw, A.J., 2010. Moss diversity: a molecular phylogenetic analysis of genera, Phytotaxa, 9, 175-195.
- Cox, C. J., Li, B., Foster, P. G., Embley, T. M., & Cíván, P. 2014. Conflicting phylogenies for early land plants are caused by composition biases among synonymous substitutions, Systematic Biology, 63, 272-279.
- Cronberg N. ve Natcheva R., 2002. Hybridization between the peat mosses, *Sphagnum capillifolium* and *S. quinquefarium* (Sphagnaceae, Bryophyta) as inferred by morphological characters and isozyme markers, Plant Systematics and Evolution, 234, 53-70.
- Crum, H.A., 2001. Structural Diversity of Bryophytes The University of Michigan Herbarium, Ann Arbor, Michigan, 379 pp.
- Çetin, B., 1988b. Check list of the mosses of Turkey, Lindbergia, 14, 1, 15-23.
- Çetin, B., 1999. The Moss Flora of the Uludağ National Park (Bursa/Turkey), Tr J of Botany, 23, 187-193.

- Çolak, A.H., ve Günay, T., 2011. Gizemli Yaşam Alanları Olarak Turbalıklar, Rota Yayın Yapım Tanıtım Tic. Ltd. Şti., ISBN: 978-605-4015-17-7.
- Daniels, R.E., Eddy A., 1985. Handbook of European Sphagna. (Natural Environment Research Council, Institute of Terrestrial Ecology: Huntington).
- Davis, P.H., 1965. Flora of Turkey and The East Aegean Islands, Vol. 1- 9, Edinburgh Univ. Press. Edinburgh, 1965-1985.
- Davis, P.H., Mill, R.R. ve Tan, K., 1966. Flora of Turkey and The East Aegean Islands. Vol: I-X. Edinburg Univ. Pres. Edinburgh, England.
- De Luna, E., Buck, W. R., Akıyama, H., Arıkawa, T., Tsubota, H., Gonza' Lez, D., Newton, A. E., ve Shaw, A. J., 2000. Ordinal phylogeny within the hypnobryalean pleurocarpous mosses inferred from cladistic analyses of three chloroplast DNA sequence data sets: *trnL-F*, *rps4*, and *rbcL*, Bryologist, 103, 242-256.
- Denne, T. 1983. *Sphagnum* on the West Coast, South Island, New Zealand; Resource Characteristics, the Industry and Land Use Potential. M.Sc. thesis, University of Canterbury, Canterbury, Australia.
- Dias, E. ve Mendes, C., 2009. *Sphagnum recurvum* P.Beauv. on Terceira, Azores, new to Macaronesia-Europe, Journal of Bryology, 31, 199-201.
- Dowell, K., 2008. Molecular Phylogenetics An introduction to computational methods and tools for analyzing evolutionary relationships, Math, 500, 18.
- Downie, S., R., ve Palmer, J., D., 1992. Use of Chloroplast DNA Rearrangements in Reconstruction Plant Phylogeny. – In: Soltis, P., S., Soltis, D., E., Doyle, J., J., (eds.), Molecular Systematics of Plants, New York, Chapman and Hall, 1-13.
- Draper, I., Hedenäs, L., Grimm, G.W., 2007. Molecular and morphological incongruence in European species of *Isoetecium* (Bryophyta), Molecular Phylogenetics and Evolution 42, 700-716.
- Drummond, A., J. ve Rambaut, A., 2007. BEAST: Bayesian Evolutionary Analysis by Sampling Trees, BMC Evolutionary Biology, 7, 214.
- Duckett, J.G., Pressel, S., P'ng, K.M.Y., Renzaglia, K.S., 2009. Exploding amyth: the capsule dehiscence mechanism and the function of pseudostomata in *Sphagnum*, New Phytologist 183, 1053-1063.
- Eddy, A., 1977. Sphagnales of tropical Asia. Bulletin of the British Museum (Natural History) Botany 5, 357-445.
- Eddy, A., 1979. Taxonomy and evolution of *Sphagnum*, pp.109-121. In G. C. S. Clarke & J. G. Duckett (eds.), Bryophyte Systematics, Academic Press, London.

- Ellis, L.T., Almeida, L.A., Peralta, D.F., Backor, M., Baisheva, E.Z., Bednarek-Ochyra, H., Burghardt, M., Czernyadjeva, I.V., Kholod, S.S., Potemkin, A.D., Erdağ, A., Kırmacı, M., Fedosov, V.E., Ignatov, M.S., Koltysheva, D.E., Flores, J.R., Fuertes, E., Goga, M., Guo, S.L., Hofbauer, W.K., Kurzthaler, M., Kürschner, H., Kuznetsova, O.I., Lebouvier, M., Long, D.G., Mamontov, Yu.S., Manjula, K.M., Manju, C.N., Mufeed, B., Müller, F., Nair, M.C., Nobis, M., Norhazrina, N., Aisyah, M., Lee, G.E., Philippe, M., Philippov, D.A., Plášek, V., Kominková, Z., Porley, R.D., Rebriev, Yu.A., Sabovljević, M.S., Souza De, A.M., Valente, E.B., Spitale, D., Srivastava, P., Sahu, V., Asthana, A.K., Ștefănut, S., Suárez, G.M., Vilnet, A.A., Yao, K.Y. ve Zhao, J.Ch., 2019a. New national and regional bryophyte records 59. *Journal of Bryology* 41, 2, 177-194.
- Ellis, L.T., Afonina, O.M., Czernyadjeva, I.V., Ivchenko, T.G., Kholod, S.S., Kotkova, V.M., Yu Kuzmina, E., Potemkin, A.D., Yu Sergeeva, M., Asthana, A.K., Gupta, D., Sahu, V., Srivastava, P., Bakalin, V.A., Bednarek-Ochyra, H., Campisi, P., Dia, M.G., Choi, S.S., Dagnino, D., Minuto, L., Turcato, C., Drapela, P., Ya Dugarova, O.D., Tubanova, D., Enroth, J., Kopenen, T., Klama, H., Erdağ, A., Kırmacı, M., Fedosov, V.E., Hodgetts, N.G., Holyoak, D.T., Jukoniene, I., Konstantinova, N.A., Savchenko, A.N., Vilnet, A.A., Krival, E.A., Kürschner, H., Lapshina, E.D., Larrain, J., Ma, W.Z., Maksimov, A.I., Marino, M.L., Müller, F., Pande, N., Park, S.J., Sun, B.Y., Pivoras, A., Plášek, V., Puglisi, M., Sciandrello, S., Rajian, N.J., Suleiman, M., Schäfer-Verwimp, A., Shevock, J.R., Spitale, D., Stebel, A., Taha, M.A. ve Porley, R.D., 2019b. New national and regional bryophyte records 61, *Journal of Bryology*, 41, 4, 364-384.
- Ellis, L.T., Alataş, M., Alfeti, M., Álvaro Alba, W.R., Bacerra Infante, D.A., vd., 2021. New national and regional bryophyte records 66. *Journal of Bryology* 43, 2, 193-212.
- Erata, H. ve Batan, N., 2019. New and remarkable bryophyte records from Turkey and South-West Asia, *Plant Biosystems*, DOI: 10.1080/11263504.2019.1635219.
- Erata, H. ve Batan, N., 2020. New and remarkable bryophyte records from Turkey and South-West Asia, *Plant biosystems*, 154, 3, 376-383.
- Erata, H., Batan, N., Abay, G. & Özdemir, T., 2021a. Anzer Vadisi ve Çevresinin Briyofit Florası (İkizdere, Rize), *Anatolian Bryology* 7, 2, 131-145.
- Erata, H., Batan, N., Alataş, M., 2021b. The Bryophyte Flora of Kümbet High Plateau (Dereli district, Turkey), *Anatolian Bryology*, 7, 2, 77-89.
- Erata, H., Özen, Ö., Batan, N. ve Alataş, M., 2021c. *Pohlia* Hedw. and *Oleolophozia* L. Söderstr., De Roo & Hedd. Species New to Turkey and South-West Asia, *Cryptogamie Bryologie*, 42, 1, 1-10.
- Erata, H. ve Batan, N., 2022. Additional Bryophyte Records from Dereli District (Giresun, Turkey), *Anatolian Bryology*, 8, 2, 86-95.
- Erdağ, A. ve Kürschner, H., 2017. The List of Turkey Plants (Mosses), Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Farris, J., S., Albert, V., A., Kallersjö, M., Lipscomb, D. ve Kluge, A., G., 1996. Parsimony Jackknifing Outperforms Neighbor-Joining, *Cladistics*, 12, 99-124.

- Feldberg, K., Groth, H., Wilson, R., Scha fer-Verwimp, A. ve Heinrichs, J., 2004. Cryptic speciation in *Herbertus* (Herbertaceae, Jungermanniopsida): range and morphology of *Herbertus sendtneri* inferred from nrITS sequences, Plant Systematics and Evolution, 249, 247-261.
- Felsenstein, J., 1985. Confidence Limits on Phylogenies: An Approach Using the Bootstrap, Evolution, 39, 783-791.
- Fisk, R.J., 1992. Collecting *Sphagnum* for surgical dressings, Bulletin of the British Bryological Society, 59, 32-33.
- Flatberg, K.I., 1992. The European taxa in the *Sphagnum recurvum* complex. 1. *Sphagnum isoviitae* sp. nov. Journal of Bryology, 17, 1-13.
- Flatberg KI. 1993. The European taxa in the *Sphagnum recurvum* complex. 2. Amended descriptions of *Sphagnum brevifolium* and *S. fallax*, Lindbergia, 17, 96-110.
- Flatberg, K. I. 2002. The Norwegian *Sphagna*: A field colour guide. Norges Tehnisk-naturvitenskapelige Universitet Vitenskapsmuset, Rapport Botanisk Serie, 2002-1, 1-44, 54.
- Flatberg, K.I., Thingsgaard, K., Sastad, S.M., 2006. Interploidal gene flow and introgression in bryophytes: *Sphagnum girgensohnii* X *S. russowii*, a case of spontaneous neotriploidy, Journal of Bryology, 28, 27-37.
- Frey, W., Frahm, J.-P., Fischer, E. ve Lobin, W. 2006. The Liverworts, Mosses and Ferns of Europe. ed.: T.L. Blockeel. Harley Books, Colchester, Essex.
- Garbary, D.J., Renzaglia, K.S., ve Duckett, J.G., 1993. The phylogeny of land plants: a cladistic analysis based on male gametogenesis, Pl. Syst. Evol., 188, 237-269.
- Garrett, A.K., 2015. Systematics of the *Sphagnum recurvum* complex: morphological variation, hybridization and the delineation of intermediate taxa, Department of Biology, Duke University.
- Gemici, Y., Se men,  ., G rk, G., Acar,  . ve  zel, N., 1998. Plant diversity on Kaz Da ları (Mt. Ida). The Proceedings of International Symposium on In Situ Conservation of Plant Genetic diversity Published by Central Research Institute for Field Crops, Turkey.
- Glime, J., 1998. pH Lowering ability of *Sphagnum*, Sci. Activ., 98, 35, 3.
- Goffinet, B., 2000. Origin and the phylogenetic relationships of the bryophytes, In: Shaw, A.J., Goffinet, B. (Eds.), *Bryophyte Biology*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 124-149.
- Goffinet, B., ve Cox, C.J., 2000. Phylogenetic relationships among basal-most arthrodontous mosses (Bryopsida) with special emphasis on the evolutionary significance of the Funariinae, Bryologist, 103, 212-223.



- Goffinet, B. ve Hax, N.P., 2001. Bibliography of molecular systematic studies of Bryophytes, I. 1985-2000, Cryptogamie, Bryologie, 22, 149-155.
- Goffinet, B., Cox, C.J., Shaw, A.J. ve Hedderson, T.A.J., 2001. The Bryophyta (mosses): Systematic and evolutionary inferences from an rps4 gene (cpDNA) phylogeny. Annals of Botany, 87, 191-208.
- Goffinet, B., 2003. Bibliography of systematic and population genetic studies of Bryophytes based on DNA data II, Cryptogamie Bryologie, 25, 181-185.
- Goffinet, B. & Buck, W.R., 2004. Systematics of Bryophyta (mosses): from molecules to a revised classification, Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, 98, 205-239.
- Goffinet, B., Wickett, N.J., Shaw, A.J. ve Cox, C.J., 2005. Phylogenetic significance of the rpoA-loss in the chloroplast genome of mosses, Taxon, 54, 353-360.
- Graham, C.H., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C., Peterson, A.T., 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis, Trends. Ecol. Evol., 19, 9, 497-503.
- Grieve, M., 1974. A modern herbal, Lowe and Brydone, Thetford, Norfolk.
- Grundmann, M., Schneider, H., Russell, S.J. & Vogel, J.C., 2006. Phylogenetic relationships of the moss genus *Pleurochaete* Lindb. (Bryales: *Pottiaceae*) based on chloroplast and nuclear genomic markers. Organisms Diversity and Evolution, 6, 33-45.
- Günay, T., Küçük, M., 2007. Yetiştirme ortamı etüt-envanteri ve haritacılığı üzerine bir çalışma, Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Yenice Orman İşletme Şefliği Örneği, Çevre ve Orman Bakanlığı, Yayın Dairesi Başkanlığı, Yayın no: 312.
- Hall, T., A., 1999. BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for windows 95/98/NT, Nucleic Acids Research, 41, 95-98.
- Handel-Mazzetti H.M. 1909. Ergebnisse einer botanische Reise in des Pontische Randgebirge in Sandschak Trapezunt, Ann. Nathist. Hofmus. Wien, 23, 124-212.
- Hassel, K., Kyrkjeeide, M.O., Yousefi, N., Prestø, T., Stenøien, H.K., Shaw, J.A. & Flatberg, K.I., 2018. *Sphagnum divinum* (sp. nov.) and *S. medium* Limpr. and their relationship to *S. magellanicum* Brid., Journal of Bryology, 40, 197-222.
- Heathwaite, A.L. ve Göttlich, K.H., 1993. Mires: Process, Exploitation and Conservation, John Wiley and Sons, Chichester, UK.
- Hedderson, T.A.J., Chapman, R.L., Rootes, W.L., 1996. Phylogenetic relationships of bryophytes inferred from nuclear-encoded rRNA gene sequences, Plant Syst. Evol., 200, 213-224.
- Hedderson, T.A., Murray, D.J., Cox, C.J., Nowell, T.L., 2004. Phylogenetic relationships of haplolepideous mosses (Dicranidae) inferred from rps4 gene sequences, Systematic Botany, 29, 29-41.

- Heinrichs, J., Groth, H., Lindner, M., Feldberg, K., Rycroft, D.S., 2004. Molecular, morphological and phytochemical evidence for a broad species concept of *Plagiochila bifaria* (Sw.) Lindenb. (Hepaticae), The Bryologist, 107, 28-40.
- Heinrichs, J., Lindner, M., Gradstein, S.R., Groth, H., Buchbender, V., Solga, A. & Fischer, E., 2005. Origin and subdivision of *Plagiochila* (Jungermanniidae: Plagiochilaceae) in tropical Africa based on evidence from nuclear and chloroplast DNA sequences and morphology, Taxon, 54, 317-333.
- Heinrichs, J., Hentschel, J., Feldberg, K., Bombosch A., Schneider H. 2009. Phylogenetic biogeography and taxonomy of disjunctly distributed bryophytes, Journal of Systematics and Evolution, 47, 5, 497-508.
- Henderson, D.M., 1961a. Contribution to the Bryophyte Flora of Turkey: IV, Royal Botanic Garden Edinburgh, 23, 263-278.
- Henderson, D.M., 1961b. Contributions to the bryophyte flora of Turkey V: Summary of present knowledge, Royal Botanic Garden Edinburgh, 23, 279-301.
- Henderson, D.M. ve Prentice, H.T., 1969. Contributions to the bryophyte flora of Turkey VIII, Royal Botanic Garden Edinburgh, 29, 235-262.
- Hentschel, J., von Konrat, M.J., Pócs, T., Schäfer-Verwimp, A., Shaw, A.J., Schneider, H. & Heinrichs, J., 2009. Molecular insights into the phylogeny and subgeneric classification of *Frullania* Raddi (Frullaniaceae, Porellales), Molecular Phylogenetics and Evolution, 52, 142-158.
- Hernández-Maqueda, R., Quandt, D., Werner, O. & Muñoz, J., 2008b. Phylogeny and classification of the Grimmiaceae/ Ptychomitriaceae complex (Bryophyta) inferred from cpDNA, Molecular Phylogenetics and Evolution, 46, 863-877.
- Hill, M.O., Bell, N., Bruggeman-Nannenga, M.A., Brugués, M., Cano, M.J., Enroth, J., Flatberg, K.I., Frahm, J.P., Gallego, M.T., Garilleti, R., Guerra, J., Hedenäs, L., Holyoak, D.T., Hyvönen, J., Ignatov, M.S., Lara, F., Mazimpaka, V., Muñoz, J. & Söderström, L., 2006. An annotated check-list of the mosses of Europe and Macaronesia, Journal of Bryology 28, 198-267.
- Hingley, M., 1993. Microscopic life in *Sphagnum*, Exeter, UK: Pelagic Publishing.
- Hodgetts, N.G., 2015. Checklist and country status of European bryophytes towards a new Red List for Europe, Irish Wildlife Manuals No. 84. National Parks and Wildlife Service, Department of Arts, Heritage and the Gaeltacht, Ireland.
- Hodgetts, N.G., Söderström, L., Blockeel, T.L., Caspari, S., Ignatov, M.S., Konstantinova, N.A., Lockhart, N., Papp, B., Schröck, C., Sim-Sim, M., Bell, D., Bell, N.E., Blom, H.H., Bruggeman-Nannenga, M.A., Brugués, M., Enroth, J., Flatberg, K.I., Garilleti, R., Hedenäs, L., Holyoak, D.T., Hugonnot, V., Kariyawasam, I., Köckinger, H., Kučera, J., Lara, F., & Porley, R.D., 2020. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus, Journal of Bryology, 42, 1, 1-116.

- Hook, D.D. ve Crawford, R.M.M., (Eds.) 1978. Plant life in anaerobic environments, Ann Arbor Science, Ann Arbor.
- Hotson, J. W. 1918. *Sphagnum* as a surgical dressing, Science, 48, 203-208.
- Hulme, P.D. ve Blyth, A.W., 1982. The annual growth period of some *Sphagnum* species on the Silver Flowe National Nature Reserve, south-west Scotland, Journal of Bryology, 12, 287-292.
- Huttunen, S., ve Ignatov, M. S., 2004. Phylogeny of the Brachytheciaceae (Bryophyta) based on morphology and sequence level data, Cladistics, 20,151-183.
- Hyvönen, J., Kosinen, S., Smith Merrill, G.L., Hedderson, T.A. & Stenroos, S., 2004. Phylogeny of the Polytrichales (Bryophyta) based on simultaneous analysis of molecular and morphological data, Molecular Phylogenetics and Evolution, 31, 915-928.
- Ignatov, M.S. ve Afonina, O.M. 1992. Check-list of mosses of the former USSR, Arctoa, 1, 1-85.
- Ignatov, M.S., Afonina, O.M. ve Ignatova, E.A., 2006. Check-list of mosses of East Europe and North Asia, Arctoa, 15, 1-130.
- Isoviita, P., 1966. Studies on *Sphagnum* L. I. Nomenclatural revision of the European taxa, Annales Botanici Fennici, 3(2): 199-264.
- Iwatsuki, Z. ve Kodama, T., 1961. Mosses in Japanese gardens, Economic Botany, 15, 264-269.
- Jones, C. G., Lawton, J. H. ve Shachak, M., 1994. Organisms as ecosystem engineers. Oikos, 69, 373-386.
- Joosten, H. ve Clarke, D., 2002. Wise use of mires and peatlands, International Peat Society, Saarijärvi, Finland, 1-303.
- Joosten, H., 2008. What are peatlands? In: Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate change- Main Report. Global Environment Centre, Kuala Lumpur & Wetlands International, Wageningen, 8-19.
- Judd, W., S., Campbell, C., S., Kellogg, E., A. ve Stevens, P., F., 2008. Plant Systematics: A Phylogenetic Approach, Third edition, Sinauer Associates, Sunderland, 620s.
- Karlin, E.F., Gardner, G.P., Lukshis, K., Boles, S.B., Shaw, A.J., 2010. Allopolyploidy in *Sphagnum mendocinum* and *S. papillosum* (Sphagnaceae), The Bryologist, 113, 114-119.
- Katoh, K., Hori, H. ve Osawa, S., 1983. The nucleotide sequences of 5S ribosomal RNAs from four Bryophyta-species, Nucleic Acids Research, 11, 5671-5674.

- Kırmacı, M., Kürschner, H., 2013. The genus *Sphagnum* L. in Turkey-with *S. contortum*, *S. fallax*, *S. magellanicum* and *S. rubellum* new to Turkey and Southwest Asia, Nova Hedwigia, 96, 3,4, 383-397.
- Kırmacı, M., Kürschner, H., 2017. New national and regional bryophyte records 50 *Sphagnum tenellum* (Brid.) Brid. (Ed. L.T. Ellis), Journal of Bryology, 39, 1, 99-114.
- Kırmacı, M., Semiz, A., Filiz, F. ve Çatak, U., 2019. Turkish blanket bogs and *Sphagnum* (Bryophyta) diversity of these blanket bogs, Acta Biologica Turcica, 32, 4, 211-219.
- Kırmacı, M., Armağan, M. ve Özenoğlu, H., 2021. *Asterella saccata* (Wahlenb.) A. Evans a new genus and liverwort (Aytoniaceae, Hepaticae) species from Turkey, Anatolian Bryology, 7, 2, 90-95.
- Kırmacı, M., Semiz, A., Sari, A., Acar, Ö.Ö., Çatak, U. ve Filiz, F., 2022. Molecular analysis of the section *Sphagnum* (Sphagnaceae): First study on Turkish Bryophytes using nucleotide sequences of the trnL intron region, Turkish Journal of Botany, 46, 5, 490-499.
- Krellwitz, E.C., Kowallik, K.V. ve Manos, P.S., 2001. Molecular and morphological analyses of Bryopsis (Bryopsidales, Chlorophyta) from the western North Atlantic and Caribbean, Phycologia, 40, 330-339.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C. ve Tamura, K., 2018. MEGA X: molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms, Mol Biol Evol., 35, 6, 1547-1549.
- Kürschner, H. ve Erdağ, A., 2005. Bryophytes of Turkey: An annotated reference list with synonyms from the recent literature and an annotated list of Turkish bryological literature, Turk. J. Bot., 29, 95-154.
- Kürschner, H. ve Frey, W., 2011. Liverworts, mosses and hornworts of Southwest Asia (Marchantiophyta, Bryophyta, Anthocerotophyta, Nova Hedwigia, 139, 1-240.
- Kürschner, H., Kırmacı, M., Erdağ, A., 2019a. New national and regional bryophyte records 59 “*Sphagnum medium* Limpr. (Ed. L.T. Ellis), Journal of Bryology, 41, 2, 177-194.
- Kürschner, H., Kırmacı, M., Erdağ, A., 2019b. New national and regional bryophyte records 61 “*Sphagnum divinum* Flatberg & Hassel (Ed. L.T. Ellis), Journal of Bryology, 41, 4, 364-384.
- Kürschner, H. ve Frey, W., 2020. Liverworts, mosses and hornworts of Southwest Asia (Marchantiophyta, Bryophyta, Anthocerotophyta), Nova Hedwigia, 149, 1-267.
- Laine, J., Harju, P., Timonen, T., Laine, A., Tuittila, E.S., Minkkinen, K. ve Vasander, H., 2011. The Intricate Beauty of *Sphagnum* Mosses – a Finnish Guide to Identification. Second amended edition. Department of Forest Sciences Publications, University of Helsinki.



- Laine, J., Flatberg, K.I., Harju, P., Timonen, T., Minkkinen, K., Laine, A., Tuittila, E.S. ve Vasander, H., 2018. *Sphagnum* Mosses – The Stars of European Mires. University of Helsinki Department of Forest Sciences, Sphagna Ky, Helsinki.
- LaFarge, C., Mishler, B.D., Wheeler, J.A., Wall, D.P., Johannes, K., Schaffer, S. ve Shaw, A.J., 2000. Phylogenetic relationships within the haplolepidous mosses, The Bryologist, 103, 257-276.
- Limpens, J., Bohlin, E., Nilsson, M. B., 2017. Phylogenetic or environmental control on the elemental and organo-chemical composition of *Sphagnum* mosses?, Plant Soil, 417,69-85.
- Louis, H., 1939. Das Natürliche Pflanzenkleid Anatoliens, Geogr. Ab., 12, Stuttgart.
- Macdonald, C., 1973. Medicines of the Maori. Collins, Auckland and London.
- Maslova, E.V., Mosseichik, Y.V., Ignatiev, I.A., Ivanov, O.V. ve Ignatov, M.S., 2012. On the leaf development in Paleozoic mosses of the order Protosphagnales, Arctoa, 21, 241-264.
- Maslova, E.V., Ignatiev, I.A., Mosseichik, Y.V. ve Ignatov, M.S., 2015. *Bulbosphagnum*, a new genus for brood bodies of mosses of the Palaeozoic order Protosphagnales, Arctoa, 25, 314-331.
- McCauley, D., E., Sundby, A., K., Bailey, M., F. ve Welch, M., E., 2007. Inheritance of Chloroplast DNA is not Strictly Maternal in *Silene vulgaris* (Caryophyllaceae): Evidence from Experimental Crosses and Natural Populations, American Journal of Botany, 94, 1333-1337.
- McQueen, C., B., Andrus, R., E., 2007. Sphagnaceae Dumortier. In: Flora of North America Editorial Committee, ed. Flora of North America, Vol. 27: Bryophytes: mosses, part 1. New York: Oxford University Press, 45-101.
- Miller, M., A., Pfeiffer, W. ve Schwartz, T., 2010. Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees. In Proceedings of the Gateway Computing Environments Workshop (GCE), November 2010, New Orleans, IEEE, 1-8.
- Mishler, B., D., Thrall, P., H., Hopple, J., R., de Luna, E. ve Vilgalys, R., 1992. A molecular approach to the phylogeny of bryophytes: Cladistic analysis of chloroplast-encoded 16S and 23S ribosomal RNA genes, The Bryologist, 95, 172-180.
- Müller, K., 2004. PRAP-Computation of Bremer Support for Large Data Sets, Molecular Phylogenetics and Evolution, 31, 780-782.
- Müller, K., 2005a. SeqState: Primer Design and Sequence Statistics for Phylogenetic DNA Datasets, Applied Bioinformatics, 4, 65-69.
- Müller, K., 2005b. The Efficiency of Different Search Strategies in Estimating Parsimony Jackknife, Bootstrap, and Bremer Support, BMC Evolutionary Biology, 5, 58.

- Nabu, 2009. Moore- Lebensräume mit hoher Bedeutung für Natur-und Klimaschutz, NABU position, Bremen.
- Natcheva, R. and Cronberg, N., 2007. Recombination and introgression of nuclear and chloroplast genomes between the peat mosses, *Sphagnum capillifolium* and *Sphagnum quinquefarium*, Molecular Ecology 16, 811-818.
- Neuburg, M.F., 1960. Leafy mosses from the Permian deposits of Angarida, Trudy Geol Instit Leningrad, 19, 1-104.
- Newton, A.E., Cox, C.J., Duckett, J.G., Goffinet, B., Hedderson, T.A.J ve Mishler, B.D., 2000. Evolution of the major moss lineages: phylogenetic analyses based on multiple gene sequences and morphology, Bryologist, 103, 187-211.
- Nibau, C., van de Koot, W., Spiliotis, D., Williams, K., Kramaric, T., Beckmann, M., Mur, L., Hiwatashi, Y., ve Doonan, J.H., 2022. Molecular and physiological responses to desiccation indicate the abscisic acid pathway is conserved in the peat moss, *Sphagnum*, Journal of Experimental Botany, 73, 13, 4576-4591.
- Nichols, G.E., 1918. The *Sphagnum* moss and its use in surgical dressings, Journal of the New York Botanical Garden, 19, 203-220.
- Nixon, K., C., 1999. The Parsimony Ratchet, A New Method for Rapid Parsimony Analysis, Cladistics, 15, 407-414.
- Nyholm, E., 1969. Illustrated moss flora of Fennoscandia. Fasc. 6. Stockholm.
- Nylander, J., A., A., 2004. MrModeltest v2. Program Distributed by the Author. Evolutionary Biology Centre, Uppsala University.
- Olsson, S., Buchbender, V., Enroth, J., Hedenäs, L., Huttunen, S. ve Quandt, D., 2009a. Phylogenetic analyses reveal high levels of polyphyly among pleurocarpous lineages as well as novel clades, The Bryologist, 112, 3, 447-466.
- Olsson, S., Buchbender, V., Enroth, J., Huttunen, S., Hedenäs, L. ve Quandt, D., 2009b. Evolution of the Neckeraceae (Bryophyta): resolving the backbone phylogeny, Systematics and Biodiversity, 7, 419-432.
- Ören, M., Uyar, G., Ezer, T. ve Gözcü, M. C., 2017. New and noteworthy bryophyte records for Turkey and Southwest Asia, Telopea, 20, 97-104.
- Özdemir, T. ve Çetin, B., 1999. The Moss Flora of Trabzon and Environs, Tr. J. of Botany, 23, 391-404.
- Özdemir, T., 2009. A Revised Checklist of Mosses of A4 Square of Turkey, International Journal of Botany, 5, 1, 1-35.
- Özdemir, T. ve Batan, N., 2016. Contributions to the moss flora of the Caucasian part (Artvin Province) of Turkey, Turkish Journal of Botany, 37, 375-388.

- Özdemir, T. ve Batan, N., 2017a. Bryophyte Checklist of Giresun, North East Turkey, Anatolian Bryology, 3, 1, 1-8.
- Özdemir, T. ve Batan, N., 2017b. The Bryophyte Checklist of Trabzon Province of Turkey, Arctoa, 26, 58-67.
- Özenoğlu, H. ve Kırmacı, M., 2022. *Riccia anatolica* sp. nov. a new liverwort (Ricciaceae) species from Turkey, Phytotaxa, 532, 1, 078-084.
- Özen-Öztürk, Ö., Özdemir, T., Batan, N., ve Erata, H., 2023. Three *Sphagnum* taxa new to Turkey and South-West Asia, Botanica Serbica, 47, 1, 47-53.
- Page, S.E., Rieley, J.O., Doody, K., Hodgson, S., Husson, S., Jenkins, P., Morrogh-Bernard, H., Otway, S. ve Wilshaw, S., 1997. Biodiversity of tropical peat swamp forest: A case study of animal diversity in the Sungai Sebangau Catchment of Central Kalimantan, Indonesia, In: Rieley, J.O. & Page, S.E. (eds.), Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatlands, Samara Publishing Limited, Cardigan, UK, 231-242.
- Palmer, J., D., 1991. Plastid Chromosomes: Structure and Evolution. –In: Bogorad, L. ve Vasil I., K (eds.), The Molecular Biology of Plastids, Academic Press, San Diego, 5-53.
- Pandey S., Sharma V., Alam A., 2018. Phylogeny based on 16S rRNA sequence and morphology of selected mosses of Mount Abu, Rajasthan (India), Meta Gene, 16, 218-225.
- Payne, R., Eastwood, W. ve Charman, D., 2007. The ongoing destruction of Turkey's largest upland mire, IMCG Newsletter, 1, 5-6.
- Porley, R. ve Hodgetts, N., 2005. Mosses and Liverworts ISBN: 0-00-220212-3, 495 pp, HarperCollins Publishers, London.
- Porter, J.B., 1917. *Sphagnum* moss for use as a surgical dressing; its collection, preparation and other details, Canadian Medical Association Journal, 7, 201-207.
- Quandt, D. ve Stech, M., 2003. Molecular systematics of bryophytes in context of land plant phylogeny. In: Sharma, A.K. & Sharma, A. (Eds), Plant Genome: Biodiversity and Evolution, Vol. 1, Part A. Science Publishers, Enfield, New Hampshire, pp. 267-295.
- Quandt, D., Müller, K., Stech, M., Frey, W., Hilu, K.W., ve Borsch, T., 2004. Molecular evolution of the chloroplast trnLF-region in land plants, Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, 98, 13-37.
- Quandt, D. ve Stech, M., 2004. Molecular evolution of the trnT-trnF region in bryophytes, Plant Biology, 6, 545-554.
- Quandt, D. ve Stech, M., 2005. Molecular evolution and secondary structure of the chloroplast *trnL* intron in bryophytes. Molecular Phylogenetics and Evolution, 36, 429-443.

- Renzaglia, K.S., Schuette, S., Duff, R.J., Ligrone, R., Shaw, A.J., Mishler, B.D., Duckett, J.G., 2007. Bryophyte phylogeny: Advancing the molecular and morphological frontiers, The Bryologist, 110, 179-213.
- Rice, S.K., ve Giles, L., 1996. The influence of water content and leaf anatomy on carbon isotope discrimination and photosynthesis in *Sphagnum*, Plant Cell Environ. 19, 11.
- Rieley, J., 1991. The ecology of tropical peat swamp forest — a South-east Asian perspective. In Tropical Peat, Proceedings of International Symposium on Tropical Peatland, Kuching, Sarawak, Malaysia, 6-10 May 1991 (B.Y. Aminuddin, ed.) pp. 244–54. Kuching, Malaysia: Malaysia Agricultural Research Development Institute & Department of Agriculture, Sarawak, Malaysia.
- Rieley, J., Page, S.E., Limin, S.H., ve Winarti, S., 1997. The peatland resource of Indonesia and the Kalimantan Peat Swamp Forest Research Project. In: Rieley, J.O., ve Page, S.E., (Eds.): Biodiversity and sustainability of Tropical Peatlands, Samara Publishing, Cardigan, U.K.
- Robinson, H. ve Godfrey, R.K., 1960. Contributions to the Bryophyte Flora of Turkey, Revue Bryologique et Lichénologique, 29, 244-253.
- Ronquist, F., Teslenko, M., Van der Mark, P., Ayres, D., L., Darling, A., Höhn, S., Larget, B., Liu, L., Suchard, M., A. ve Huelsenbeck, J., P., 2012. MrBayes 3.2: Efficient Bayesian Phylogenetic Inference and Model Choice Across a Large Model Space, Systematic Biology, 61, 539-542.
- Ros, R.M., Mazimpaka, V., Abou-Salama, U., Aleffi, M., Blockeel, T.L., Brugués, M., Cros, R.M., Dia, M.G., Dirkse, G.M., Draper, I., El-Saadawi, W., Erdağ, A., Ganeva, A., Gabriel, R., González-Mancebo, J.M., Granger, C., Herrnsstadt, I., Hugonnot, V., Khalil, K., Kürschner, H., Losada-Lima, A., Luís, L. vd., 2013. Mosses of the Mediterranean, an annotated checklist, Cryptogamie Bryologie, 34, 2, 99-283.
- Ross, S.M., 1995. Overview of the hydrochemistry and solute processes in British wetlands. In: Hydrology and hydrochemistry of British wetlands, J. Hughes & L. Heathwaite (eds). John Wiley & Sons Ltd. pp 133-182.
- Rydin, H., Jeglum, J., 2013. The biology of peatlands, 2nd edn. Oxford: Oxford University Press.
- Sabovljević, M., Natcheva, R., Dihoru, G., Tsakiri, E., Dragicevic, S., Erdağ, A. ve Papp, B., 2008. Check-list of the mosses of SE Europe, Phytologia Balcanica, 14, 2, 207-244.
- Salampak, S. ve Rieley, J.O., 2000. Phenolic acids in tropical peat from Central Kalimantan, Int. Peat Journal, 10, 97-103.
- Saxena, K., Harinder, S., 2004. Uses of Bryophytes, Resonance, 9, 6, 56-65.
- Schiffner, V., 1896. Über die von Sintenis in Türkisch-Armenien gesammelten Kryptogamen, Öst. Bot. Zeitschr., 46, 274-278.



- Séneca, A. ve Söderström, L., 2009. Sphagnophyta of Europe and Macaronesia: a checklist with distribution data, Journal of Bryology, 31, 243-254.
- Shaw, A.J., 2000a. Phylogeny of the Sphagnopsida based on chloroplast and nuclear DNA sequences. The Bryologist 103, 277-306.
- Shaw, A.J., 2000b. Molecular phylogeography and cryptic speciation in the mosses *Mielichhoferia elongata* and *M. mielichhoferiana* (Bryaceae), Molecular Ecology, 9, 595-608.
- Shaw, A.J., Goffinet, B., 2000. Molecular evidence of reticulate evolution in peatmosses (*Sphagnum*), including *S. echyalinum* sp. nov., Bryologist, 103, 357-374.
- Shaw, A.J., Cox, C.J. ve Boles, S.B., 2003a. Polarity of peatmoss (*Sphagnum*) evolution: Who says bryophytes have no roots?, American Journal of Botany, 90, 1777-1787.
- Shaw, A.J., Werner, O. ve Ros, R.M., 2003b. Intercontinental Mediterranean disjunct mosses: morphological and molecular patterns, American Journal of Botany, 90, 540-550.
- Shaw S, Cox CJ, Boles SB. 2004. Phylogenetic relationships among *Sphagnum* sections, *Hemitheca*, *Isocladus*, and *Subsecunda*. The Bryologist, 107, 189-196.
- Shaw, A.J., ve Renzaglia, K.S., 2004. Phylogeny and diversification of bryophytes, American Journal of Botany, 10, 1557-1581.
- Shaw, A. J., ve Cox, C. J., 2005. Variation in "Biodiversity Value" of Peatmoss Species in *Sphagnum* Section *Acutifolia* (Sphagnaceae), American Journal of Botany, 92, 11, 1774-1783.
- Shaw, A.J., Cox, C.J. ve Boles, S.B., 2005. Phylogeny, species delimitation, and recombination in *Sphagnum* Section *Acutifolia*, Systematic Botany, 30, 16-33.
- Shaw, J., Lickey, E., B., Schilling, E., E. ve Small, R., L., 2007. Comparison of whole chloroplast genome sequences to Choose noncoding regions for phylogenetic studies in Angiosperms: the tortoise and the hare III, American Journal of Botany, 94, 3, 275-288.
- Shaw, A.J., Boles, S. ve Shaw, B., 2008. A phylogenetic delimitation of the "*Sphagnum subsecundum* complex" (Sphagnaceae, Bryophyta), American Journal of Botany, 95, 731-744.
- Shaw, A.J., Cox, C.J., Buck, W.R., Devos, N., Buchanan, A.M., Cave, L., Seppelt, R., Shaw, B., Larrain, J., Andrus, R., Greilhuber, J., ve Temsch, E.M., 2010a. Newly resolved relationships in an early land plant lineage: bryophyta class Sphagnopsida (peat mosses). American Journal of Botany 97, 1511-1531.
- Shaw, A.J., Devos, N., Cox, C.J., Boles, S.B., Shaw, B., Buchanan, A.M., Cave, L. & Seppelt, R., 2010b. Peatmoss (*Sphagnum*) diversification associated with Miocene Northern Hemisphere cooling?, Molecular Phylogenetics and Evolution, 55, 1139-1145.

- Shaw, B., 2012. Systematics of the *Sphagnum fimbriatum* complex: phylogenetic relationships, morphological variation, and allopolyploidy. Systematic Botany, 37, 15-30.
- Shaw, A.J., Golinski, G.K., Clark, E.G., Shaw, B., Stenøien, H.K., ve Flatberg, K.I., 2014a. Intercontinental genetic structure in the amphi-Pacific peatmoss *Sphagnum miyabeianum* (Bryophyta: Sphagnaceae). Biological Journal of the Linnean Society, 111, 17-37.
- Shaw, A.J., Shaw, B., Stenøien, H.K., Golinski, G.K., Hassel, K., ve Flatberg, K.I., 2014b. Pleistocene survival, regional genetic structure and interspecific gene flow among three northern peat-mosses: *Sphagnum inexpectatum*, *S. orientale* and *S. miyabeianum*. Journal of Biogeography, 42, 364-376.
- Shaw, A. J., Shaw, B., Johnson, M. G., Devos, N., & Carter, B., 2015. Genetic and phylogenetic structure of the Pacific Rim clade of *Sphagnum* subg. *Subsecunda*: Haploid and allodiploid taxa. Biological Journal of the Linnaean Society, 116, 295-311.
- Shaw, A. J., Devos, N., Cox, C. J., & Shaw, B., 2016. Organellar phylogenomics of an emerging model system: *Sphagnum* (peatmoss). Annals of Botany, 118, 185-196.
- Shaw, A.J., Carter, B.E., Aguero, B., da Costa, D.P. ve Cowl, A.A., 2018. Range change evolution of peat mosses (*Sphagnum*) within and between climate zones, Glob. Change Biol., 25, 108-120.
- Shiu-ying, H., 1945. Medicinal plants of Chengtu herb shops. Journal of the West China Border Research Society, 15, B, 95-177.
- Simmons, M., P. ve Ochoterena, H., 2000. Gaps as Characters in Sequence-Based Phylogenetic Analyses, Systematic Biology, 49, 369-381.
- Smith, A. J. E., 1980. The Moss Flora of Britain and Ireland, Cambridge Univ. Press.
- Smith, A.J.E., 2004. The Moss Flora of Britain and Ireland. Second Edition, ISBN: 0-52181640-8, 1012 pp, Cambridge University Press, Cambridge.
- Song, Y., Du, D., Chu, M., Li, X., Xu, H., Wang, X., vd., 2012. Cloning and characterization of a cucumber phospholipase D gene in response to excess nitrate and other abiotic stresses. Scientia Horticulturae, 135, 128-136.
- Stamatakis, A., 2006. RAxML-VI-HPC: Maximum Likelihood-Based Phylogenetic Analyses with Thousands of Taxa and Mixed Models, Bioinformatics, 22, 2688- 2690.
- Stech, M., ve W. Frey. 2001. CpDNA—relationship and classification of the Jungermanniopsida (Hepaticophytina, Bryophyta), Nova Hedwigia, 72, 45-58.
- Stech, M., D. Quandt, ve W. Frey., 2003. Molecular circumscription of the hornworts (Anthocerotophyta) based on the chloroplast DNA trnLtrnF region, Journal of Plant Research, 116, 389-398.

- Stech, M., 2009. Moleculaire systematiek van mossen: stand van zaken met voorbeelden uit de Europese mosflora. Gorteria, 34, 41-52.
- Stech, M., ve Quandt, D., 2010. 20,000 species and five key markers: The status of molecular bryophyte phylogenetics, Phytotaxa, 9, 196-228.
- Stech, M., McDaniel, S.F., Hern\_andez-Maqueda, R., Ros, R.M., Werner, O., Mu~noz, J., ve Quandt, D., 2012. Phylogeny of haplolepidous mosses – challenges and perspectives, Journal of Bryology, 34, 173-186.
- Steiner, G.M., 2005a. Vorwort/Preface (In: Moor von Sibirien bis Feuerland/ Mires from Siberia to Tierra del Fuego. Stafia 85, Zugleich Katloge der Oberösterreichischen Landesmusees, N.S. 35) Land Oberösterreich, Bilogiezentren/Oberösstterreichischen Landesmuseen.
- Stöver, B., C. ve Müller, K., F., 2010. TreeGraph 2: Combining and Visualizing Evidence from Different Phylogenetic Analyses. BMC bioinformatics, 11, 7.
- Strother, P. K., Al-Hajri, S., & Traverse, A., 1996. New evidence for land plants from the lower Middle Ordovician of Saudi Arabia. Geology, 24, 55-58.
- Swofford, D., L., 2002. PAUP\*. Phylogenetic Analysis Using Parsimony (\*and other methods), Sinauer Associates, Sunderland MA. 144s.
- Taberlet, P., Gielly, L., Pautou, G. ve Bouvet, J., 1991. Universal Primers for Amplification of Three Non-Coding Regions of Chloroplast DNA, Plant Molecular Biology, 17, 1105-1109.
- Taberlet, P., Coissac, E., Pompanon, F., Gielly, L., Miquel, C., Valentini, A., Vermet, T., Corthier, G., Brochmann, C. & Willerslev, E., 2007. Power and limitations of the chloroplast trnL (UAA) intron for plant DNA barcoding. Nucleic Acids Research, 35, e14, doi:10.1093/nar/gkl938.
- Tamura, K., Stecher, G. ve Kumar, S., 2021. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 11. Molecular Biology and Evolution, 38, 3022-3027.
- Tan, B.C., Nosratinia, S., Ignatov, M.S., Ignatova, E.A., ve Mishler, B.D., 2018. New species of *Sphagnum* from the Philippines with remarkable morphological characters. Philippine Journal of Systematic Biology, 12, 24-36.
- Thieret, J. W. 1956. Bryophytes as economic plants. Econ. Bot, 10, 75-91.
- Tonguç Yayıntaş, Ö., 2013. New Moss Records From Western Part Of Turkey, Bangladesh Journal of Botany, 42, 2, 371-375.
- Tripp, F. E., 1874. British mosses, their homes, aspects, structure, and uses. With a coloured figure of each species etched from nature. London :George Bell and Sons.
- Troitsky, A.V., Ignatov, M.S., Bobrova, V.K. & Milyutina, I.A., 2007. Contribution of genosystematics to current concepts of phylogeny and classification of bryophytes. Biochemistry (Moscow), 72, 1368-1376.

- Tsubota, H., H. Akıyama, T. Yamaguchi, ve H. Deguchi. 2001b. Molecular phylogeny of Sematophyllaceae (Hypnales, Musci) based on chloroplast *rbcL* sequences, Journal of the Hattori Botanical Laboratory, 90, 221-240.
- Unan, A.D., Potemkin, A., Ursavaş, S., Çalışkan, S. ve Ören, M., 2021. New records of two *Scapania* species (*Scapaniaceae*, *Marchantiophyta*) from north of Turkey, Plant Biosystems, 155, 4, 679-684.
- Unan, A.D. ve Ören, M., 2021. New and noteworthy records of deadwood dwelling bryophyte species for Turkey and Southwest Asia, Cryptogamie Bryologie, 42, 4, 33-44.
- Uyar, G. ve Çetin, B., 2004. A New Check-List of the Mosses of Turkey, Journal of Bryology, 26, 203-220.
- Ursavaş, S. ve Keçeli, T., 2019. *Weissia multicapsularis*, a rare moss species new to Turkey and Asia, Plant Biosystems, 153, 2, 669-672.
- Ursavaş, S. ve Işın, Z., 2019. New records of *Bryum gemmiferum* and *Atrichum crispum* for Turkey, Plant Biosystems, 153, 5, 686-690.
- Ursavaş, S., Keçeli, T., Uyar, G. ve Ören, M., 2021. *Dicranella staphylina* (Dicranaceae), a new moss record from Turkey and South West Asia, Plant Biosystems, 155, 3, 483-486.
- van de Koot, W.Q.M., van Vliet, L.J.J., Chen, W., Doonan, J.H., Nibau, C., 2021. Development of an image analysis pipeline to estimate *Sphagnum* colony density in the field. Plants, 10, 1-17.
- Vanderpoorten, A., L. Hedena" S, C. J. Cox, and A. J. Shaw. 2002a. Phylogeny and morphological evolution of the Amblystegiaceae (Bryopsida), Molecular Phylogenetics and Evolution, 23, 1-21.
- Vanderpoorten, A., L. Hedena" S, C. J. Cox, and A. J. Shaw. 2002b. Circumscription, classification, and taxonomy of Amblystegiaceae (Bryopsida) inferred from nuclear and chloroplast DNA sequence data and morphology, Taxon, 2002, 115-122.
- Vanderpoorten, A., Shaw, A.J., ve Cox, C.J., 2004. Evolution of multiple paralogous adenosine kinase genes in the moss genus *Hygroamblystegium*: phylogenetic implications, Molecular Phylogenetics and Evolution, 31, 505-516.
- Vanderpoorten, A., ve Goffinet, B., 2006. Mapping uncertainty and phylogenetic uncertainty in ancestral character state reconstruction: an example in the moss genus *Brachytheciastrum*, Systematic Biology, 55, 957-971.
- Vanderpoorten A., ve Shaw A. J., 2010. The application of molecular data to the phylogenetic delimitation of species in bryophytes: A note of caution, Phytotaxa, 9, 229-237.
- Verhoeven, J.T.A., ve Liefveld, W.M., 1997. The ecological significance or organochemical compounds in *Sphagnum*, Acta Bot. Neerlandica, 46, 117-130.



- Vilnet, A.A., Konstantinova, N.A. & Troitsky, A.V., 2009. Genosystematics and new insight into the phylogeny and taxonomy of liverworts. Molecular Biology, 43, 783-793.
- Wahrmund, U., Quandt, D., Knoop, V., 2010. The phylogeny of mosses – addressing open issues with a new mitochondrial locus: group I intron cob420, Mol. Phylogenet. Evol., 54, 417-426.
- Walther, K. 1967. Beitrage zur Moosflora Westanatoliens I., Mitt. Staatsinst, Allg. Bot. Hamburg, 12, 129-188.
- Wang, B, Xue, J-Y, Li, L., Liu, L., Qiu, Y-L., 2009. The complete mitochondrial genome sequence of the liverwort *Pleurozia purpurea* reveals extremely conservative mitochondrial genome evolution in liverworts, Current Genetics, 55, 601-609.
- Warnstorf, C., 1911. Sphagnologia Universalis — in Engl. Pflanzenr. Heft 51.
- Watson, E.V., 1981. British Mosses and Liverworts. ISBN: 0-521-28536-4, 519 pp, Cambridge University Press, Cambridge.
- Welch, W.H., 1948. Mosses and their uses, Proceedings Indiana Academy of Science, 58, 31-46.
- Werner, O. ve Guerra, J., 2004. Molecular phylogeography of the moss *Tortula muralis* Hedw. (Pottiaceae) based on chloroplast rps4 gene sequence data, Plant Biology, 6, 147-157.
- Werner, O., Ros, R.M., Cano, M.J. & Guerra, J., 2004. Molecular phylogeny of the Pottiaceae (Musci) based on chloroplast rps4 sequences, Plant Systematics and Evolution, 243, 147-164.
- Werner, O., Ros, R.M., Grundmann, M., 2005. Molecular phylogeny of Trichostomoideae (Pottiaceae, Bryophyta) based on nrITS sequence data, Taxon, 54, 361-368.
- Wickett, N. J., Mirarab, S., Nguyen, N., Warnow, T., Carpenter, E., Matasci, N., vd., 2014. Phylotranscriptomics analysis of the origin and early diversification of land plants. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 11, 4859-4868.
- Widmer, A. ve Baltisberg, M., 1999. Extensive intraspecific chloroplast DNA (cpDNA) variation in the alpine *Draba aizoides* L. (Brassicaceae): haplotype relationships and population structure, Molecular Ecology, 8, 1405-1415.
- Williams, B., 1982. The healing powers of *Sphagnum* moss, New Scientist, 95, 1322, 713-714.
- Zohary, M., 1973. Geobotanical Foundations of the Middle East, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

## 8. EKLER

### EK 1. Tez kapsamında üretilen toplam 16 taksona (15 farklı takson) ait *trnL-F* bölgesinin baz sırası

>*S. girgensohnii* TUR (22-6)

GTGCTTAGCTTTCAGATTCAGGGAAACCTAGGTTGAAGAAGAAATAGG  
CGATCCTGAGCCAAATCTTGTTTTTCATAACATAAATGGGATAGGTGCAG  
AGACTCGATGGAAGCTATCCCAACGAGAAATATTACTTTGACTTTAGAT  
CTTATACGTTTATTTATCCAGATAAACAATATATATATATATTTGTTTA  
TTGAAATAGATTCACCAGATAGAAATCTCGGAGATGGATTTATGATTTA  
TTCAACAATAAAAAAAAAAAAAAAAAATAATTTTTTATTACTTCTATTTA  
TCCATCCAAACGAAAAATCCTACCACGAATTGATCTATCAAGGGATTGA  
ACGAGGATAAAAATAGAGTCCAGTTTTACATGTTTATTCCAACAACGAT  
GTAAATCGTAGTAAAAAAAAAATCCGTTGGCTTTATAGTAAACCGTGAG  
GGTTCGAGTCCCTCTACCCCCAAAAATAAAATGAAATTCTTTTTATTAGT  
CAAAAGGGATCATCCGATAAATAAGGAGATATTTTTATTACTACTCGCT  
CTCCTTCTTTTTCTTTTTTTATACTCCGATTGCACCAACAGTAAAATAA  
AAATGGAATATTTCTACCATTTTATGTTATGTTCGGAGTAATTCAAATGA  
CAAAAGCCGGGATAGCTCATTTGGTAGAGCAGAGGACTGAAAATCCTC  
GTGTCCA

>*S. contortum* TUR (21-108)

CCAAGTGCTAGCTTTCAGATTCAGGGAAACCTAGGTTGAAGAAGAAAT  
AGGCGATCCTGAGCCAAATCTTGTTTTTCATAACATAAATGGGATAGGTG  
CAGAGACTCGATGGAAGCTATCCCAACGAGAAATATTACTTTGACTTTA  
GATCTTATACGTTTATTTATCCAGATAAACAATATGTTTATTTATCCAG  
ATAAACAAATATATATATATATGTATATATTTGTATATTGAAATAGATTCA  
CCAGATAGAAATCTCGGAGATGGATTTATGATTTATTCAAAAAAAAAA  
ATAAATAATTTTTTATTACTTCTATTTATCCATCCAAACGAAAAATCCTA  
CCACGAATTGATCTATCAAGTGATTGAACGAGGATAAAGATAGAGTCC  
AGTTTTACATGTTTCATTCCAACAACGATGTAAATCGTAGTAAAAAGAAA

**Ek 1'in devamı**

ATCCGTTGGCTTTATAGTAGACCGTGAGGGTTCGAGTCCCTCTACCCCC  
 AGAAATAAAATGAAATTCATTTTATTAGTCAGTAAGGGATCATCCGATA  
 AATAAGGAGGTATTATTATTACTACTTGCTCTCCTTCTTTTTCTTATACTC  
 CGATTGCACCACCAGTAGAATAAAAATGGAATATTTCTACCATTTTATG  
 TTATGTCTGGAGTAATTCGAATGACAGAAGCCGGGATAGCTCAGTTGGTA  
 GAGCAGAGGACTGAAAATCCTCG

>*S. contortum* TUR (22-4)

TTTCAGATTCAGGGAAACCTAGGTTGAAGAAGAAATAGGCGATCCTGA  
 GCCAAATCTTGTTTTTCATAACATAAATGGGATAGGTGCAGAGACTCGAT  
 GGAAGCTATCCCAACGAGAAATATTACTTTGACTTTAGATCTTATACGT  
 TTATTTATCCAGATAAACAAATATGTTTATTTATCCAGATAAACAAATA  
 TATATATATGTATATATTTGTATATTGAAATAGATTCACCAGATAGAAA  
 TCTCGGAGATGGATTTATGATTTATTCAAAAAAAAAAATAAATAATTTT  
 TTATTACTTCTATTTATCCATCCAAACGAAAAATCCTACCACAAATTGAT  
 CTATCAAGTGATTGAACGAGGATAAAGATAGAGTCCAGTTTTACATGTT  
 CATTCCAACAACGATGTAAATCGTAGTAAAAAGAAAATCCGTTGGCTTT  
 ATAGTAAACCGTGAGGGTTCGAGTCCCTCTACCCCCAAAAATAAAATGA  
 AATTCATTTTATTAGTCAGTAAGGGATCATCCGATAAATAAGGAGGTAT  
 TATTATTACTACTTGCTCTCCTTCTTTTTCTTATACTCCGATTGCACCACC  
 AGTAGAATAAAAATGGAATATTTCTACCATTTTATGTTATGTCTGGAGTA  
 ATTCGAATGACAGAAGCCGGGATAGCTCAGTTGGTAGAG

>*S. auriculatum* TUR (22-37)

GCTAGCTTTTCAGATTCAGGGAAACCTAGGTTGAAGAAGAAATAGGCGA  
 TCCTGAGCCAAATCTTGTTTTTCATAACATAAATGGGATAGGTGCAGAGA  
 CTCGATGGAAGCTATCCCAACGAGAAATATTACTTTGACTTTAGATCTT  
 ATACGTTTATTTATCCAGATAAACAAATATATATATATGTATATATTTGT  
 ATATTGAAATAGATTCACCAGATAGAAATCTCGGAGATGGATTTATGAT  
 TTATTCAACAAAAAAAAAATAAATAATTTTTTATTACTTCTATTTATCCAT  
 CCAAACGAAGAATCCTACCACGAATTGATCTATCAAGTGATTGAACGA  
 GGATAAAGATAGAGTCCAGTTTTACATGTTTCATTCCAACAACGATGTAA  
 ATCGTAGTAAAAAGAAAATCCGTTGGCTTTATAGTAGACCGTGAGGGTT

**Ek 1'in devamı**

CGAGTCCCTCTACCCCCAGAAATAAAATGAAATTCATTTTATTAGTCAG  
 TAAGGGATCATCCGATAAATAAGGAGGTATTATTATTACTACTTGCTCT  
 CCTTCTTTTTCTTTTCTTATACTCCGATTGCACCACCAGTAGAATAAAA  
 ACGGAATATTTCTACCATTTTATGTTATGTCGGAGTAATTCGAATGACA  
 GAAGCCGGGATAGCTCAGTTGGTAGAGC

>*S. fallax* TUR (21-109)

TACCAAGTGCTAGCTTTCAGATTCAGGGAAACCTAGGTTGAAGAAGAA  
 ATAGGCGATCCTGAGCCAAATCTTGTTTTTCATAACATAAATGGGATAGG  
 TGCAGAGACTCGATGGAAGCTATCCTAACGAGAAATATTACTTTGACTT  
 TAGATCTTATACGTTTATTTATCCAGATAAACAAATATGTTTATTTATCC  
 AGATAAACAAATATATATATGTATATATTTGTATATTGAAATAGATTCA  
 CCAGATAGAAATCTCGGAGATGGATTTATGATTTATTCAACAAAAA  
 AATAATTTTTTATTACTTCTATTTATCCATCCAAACGAAAAATCCTACCA  
 CGAATTTATCTATCAAGTGATTGAACGAGGATAAAGATAGAGTCCAATT  
 TTACATGTTTCATTCCAACAACGATGTAAATCGTAGTAAAAAGAAAATCC  
 GTTGCTTTATAGAAGACCGTGAGGGTTCGAGTCCCTCTACCCCCAAA  
 ATAAAATGAAATTCATTTTATTAGTCAGATTAGTCAGAAGGGATCATCC  
 GATAAATAAGGAGGTATTATTATTACTACTTGCTCTCCTTCTTTTTCTT  
 TTCTTATACTCCGATTGCACCACCAGTAGAATAAAAAATGGAATATTTCT  
 ACCATTTTATGTTATGTCGGAGTAATTCGAATGACAGAAGCCGGGATAG  
 CTCAGTTGGTAGAGCAGAGGACTGAAAATCCTCGTGT

>*S. centrale* TUR (21-107)

AAGTGCTAGCTTTCAGATTCAGGGTAACCTAGGTTGAAGAAGAAATAG  
 GCGATCCTGAGCCAAATCTTGTTTTTCATAACATAAATGGGATAGGTGCA  
 GAGACTCGATGGAAGCTATCCTAACGAGAAATATTACTTTGACTTTAGA  
 TCTTATACGTTTATTTATCCAGATAAACAAATACGTTTATTTATCCAGAT  
 AAACAAATATATATATGTATATATTTGTATATTGAAATAGATTCACCAG  
 ATAGAAATCTCGGAGATGGATTTATGATTTATTCAACAACAACAAAAA  
 AAAGAAATAATTTTTTATTACTTCTATTTATCCATCCAAACGAAGAATCC  
 TACCACGAATTGATCTATCAAGTGATTAAACGAGGATAAAGATAGAGT  
 CCAGTTTTACATGTTTCATTCCAACAACGATGTAAATCGTAGTAAAAAGA

**Ek 1'in devamı**

AAATCCGTTGGCTTTATAGTAGACCGTGAGGGTTCGAGTCCCTCTACCC  
 CCAGAAATAAAATGAAATTCATTTTATTAGTCAGAAGGGATCATCCGAT  
 AAATAAGGAGATATTTTTATTACTACTTACTCTCCCTCTTTTTCCCTTTTCT  
 TATACTCCGATTGCACCACCAGTAGAATAAAAATGGAATATTTCTACCA  
 TTTTATGTTATGTCTGGAGTAATTCTGAATGACAGAAGCCGGGATAGCTCA  
 GTTGGTAGAGCAGAGGACTGAAAATCCTCGTGTC

>*S. medium* TUR (21-110)

CTTACCAAGTGCTAGCTTTCAGATTCAGGGAAACCTAGGTTGAAGAAGA  
 AATAGGCGATCCTGAGCCAAATCTTGTTTTTCATAAAATGGGATAGGTGC  
 AGAGACTCGATGGAAGCTATCCTAACGAGAAATATTACTTTGACTTTAG  
 ATCTTATACGTTTATTTATCCAGATAAACAAATATATATATGTATATATT  
 TGTATATTGAAATAGATTCACCAGATAGAAATCTCGGAGATGGATTTAT  
 GATTTATTCAACAACAACAAAAAAAAGAAATAATTTTTTTATTACTTCT  
 ATTTATCCATCCAAACGAAGAATCCTACCACGAATTGATCTATCAAGTG  
 ATTAAACGAGGATAAAGATAGAGTCCAGTTTTACATGTTTCATTCCAACA  
 ACGATGTAAATCGTAGTAAAAAGAAAATCCGTTGGCTTTATAGTAGACC  
 GTGAGGGTTCGAGTCCCTCTACCCCCAGAAATAAAATGAAATTCATTTT  
 ATTAGTCAGAAGGGATCATCCGATAAATAAGGAGATATTTTTATTACTA  
 CTTACTCTCCCTCTTTTTCCCTTTTCTTATACTCCGATTGCACCACCAGTAG  
 AATAAAAATGGAATATTTCTACCATTTTATGTTATGTCTGGAGTAATTCG  
 AATGACAGAAGCCGGGATAGCTCAGTTGGTAGAGCAGAGGACTGA

>*S. papillosum* TUR (21-111)

GTGCTAGCTTTCAGATTCAGGGAAACCTAGGTTGAAGAAGAAATAGGC  
 GATCCTGAGCCAAATCTTGTTTTTCATAACATAAATGGGATAGGTGCAGA  
 GACTCGATGGAAGCTATCCTAACGAGAAATATTACTTTGACTTTAGATC  
 TTATACGTTTATTTATCCAGATAAACAAATATGTTTATTTATCCAGATAA  
 ACAAATATATATATGTATATATTTGTATATTGAAATAGATTCACCAGAT  
 AGAAATCTCGGAGATGGATTTATGATTTATTCAACAACAACAAAAAAA  
 AAGAAATAATTTTTTTATTACTTCTATTTATCCATCCAAACGAAGAATCCT  
 ACCACGAATTGATCTATCAAGTGATTAAACGAGGATAAAGATAGAGTC  
 CAGTTTTACATGTTTCATTCCAACAACGATGTAAATCGTAGTAAAAAGAA



**Ek 1'in devamı**

AATCCGTTGGCTTTATAGTAGACCGTGAGGGTTCGAGTCCCTCTACCCC  
 CAGAAATAAAATGAAATTCATTTTATTAGTCAGAAGGGATCATCCGATA  
 AATAAGGAGATATTTTTATTACTACTTACTCTCCCTCTTTTTCTTTTCTT  
 TACTCCGATTGCACCACCAGTAGAATAAAAAATGGAATATTTCTACCAT  
 TTTATGTTATGTCTGGAGTAATTCGAATGACAGAAGCCGGGATAGCTCAG  
 TTGGTAGAGCAGAGGACTGAAAATCCT

>*S. palustre* TUR (21-112)

ACCAAGTGCTAGCTTTCAGATTCAGGGAAACCTAGGTTGAAGAAGAAA  
 TAGGCGATCCTGAGCCAAATCTTGTTTTTCATAACATAAATGGGATAGGT  
 GCAGAGACTCGATGGAAGCTATCCTAACGAGAAATATTACTTTGACTTT  
 AGATCTTATACGTTTATTTATCCAGATAAACAAATATGTTTATTTATCCA  
 GATAAACAAATATATATATGTATATATTTGTATATTGAAATAGATTAC  
 CAGATAGAAATCTCGGAGATGGATTTATGATTTATTCAACAACAACAAA  
 AAAAAAGAAATAATTTTTTATTACTTCTATTTATCCATCCAAACGAAGA  
 ATCCTACCACGAATTGATCTATCAAGTGATTAAACGAGGATAAAGATAG  
 AGTCCAGTTTTACATGTTCAATCCAACAACGATGTAAATCGTAGTAAAA  
 AGAAAATCCGTTGGCTTTATAGTAGACCGTGAGGGTTCGAGTCCCTCTA  
 CCCCAGAAATAAAATGAAATTCATTTTATTAGTCAGAAGGGATCATCC  
 GATAAATAAGGAGATATTTTTATTACTACTTACTCTCCCTCTTTTTCTTT  
 TCTTATACTCCGATTGCACCACCAGTAGAATAAAAAATGGAATATTTCTA  
 CCATTTTATGTTATGTCTGGAGTAATTCGAATGACAGAAGCCGGGATAGC  
 TCAGTTGGTAGAGCAGAGGACTGAAAATCCTCGT

>*S. compactum* TUR (22-8)

GCTAGCTTTCAGATTCAGGGAAACCTAGGTTGAAGAAGAAATAGGCGA  
 TCCTGAGCCAAATCTTGTTTTTCATAACATAAATGGGATAGGTGCAGAGA  
 CTCGATGGAAGCTATCCTAACGAGAAATATTACTTTGACTTTAGATCTT  
 ATACGTTTATTTATCCAGATAAACAAATACGTTTATTTATCCAGATAAA  
 CAAATATATATATGTATATATTTGTATATTAAAATAGATTCACCAGATA  
 GAAATCTCGGAGATGGATTTATGATTTATTACCAACAACAAAAAAGA  
 AATAATTTTTTATTACTTCTATTTATCCATCCAAACGAAGAATCCTACCA  
 CGAATTGATCTATCAAGTGATTGAACGAGGATAAAGATAGAGTCCAGTT

## Ek 1'in devamı

TTACATGTTTCATTCCAACAACGATGTAAATCGTAGTAAAAAGAAAATCC  
 GTTGGCTTTATAGTAGACCGTGAGGGTTCGAGTCCCTCTACCCCCAGAA  
 ATCAAATGAAATTCATTTTATTAGTCAGAAGGGATCATCCGATAAATAA  
 GGAGGTATTATTATTATTATTACTACTCGCTCTCATTCTTTTTTCCTTT  
 TTTTATACTCGGATTGCACCACCAGTAGAATAAAAAATGGAATATTTCTA  
 CCATTTTATGTTATGTCGGAGTAATTCGAATGACAGAAGCCGGGATAGC  
 TCAGTTGGTAGAGCAGAGGACT

>*S. teres* TUR (22-22)

ATTCAGGGAAACCTAGGTTGAAGAAAAAATAGGCGATCCTGAGCCAAA  
 TCTTGTTTTTCATAACATAAATGGGATAGGTGCGAGAGACTCGATGGAAG  
 CTATCCCAACGAGAAATATTACTTTGACTTTAGATCTTATACGTTTATTT  
 ATCCAGATAAACAATATATATATGTATATATTTGTATATTGAAATAGA  
 TTCACCAGATAGAAATCTCGGAGATGGATTTATGATTTATTCAACAAAA  
 AAAAAATAAATAATTTTTTTATTACTTCTATTTATCCATCCAAACGAAGAAT  
 CCTACCACGAATTGATCTATCAAGTGATTGAACGAGGATAAAGATAGA  
 GTCCAGTTTTACATGTTTCATTCCAACAACGATGTAAATCGTAGTAAAAA  
 GAAAATCCGTTGGCTTTATAGTAGACCGTGAGGGTTCGAGTCCCTCTAC  
 CCCCAGAAATAAAATAAAATGAATTTTATTAGTCATAAGGAAGGGATC  
 ATCCGATAAATAAGGAGGTTTTTTTTATTACTACTTGCTCTCCCTCTTTTT  
 CCTTTTCTTATACTCCGATTGCACCAACAGTAGAATAAAAAATGGAATAT  
 TTCTACCATTTTATGTTATATTCGAATGACAGAAGCCGGGATAGCTCAG  
 TTGGTAGAGCAGAGGACTGAAAATCCTCG

>*S. fuscum* TUR (22-3)

CAGATTCAGGGAAACCTAGGTTAGAAGAAGAAATAGGCGATCCTGAGC  
 CAAATCTTGTTTTTCATAACATAAATGGGATAGGTGCGAGAGACTCGATGG  
 AAGCTATCCCAACGAGAAATATTACTTTGACTTTAGATCTTATACGTTTA  
 TTTATCCAGATAAACAATATGTTTATTTATCCAGATAAATAAATACGT  
 TTATTTATCCAGATAAACAATATATATATGTATATATTTGTTTATTGAA  
 ATAGATTCACCAGATAGAAATCTCGGAGATGGATTTATGATTTATTCAA  
 TAAAAAAAAGAAATAATTTTTTTATTACTTCTATTTATCCATCCAAACG  
 AAGAATCCTACCACGAATTGATCTATCAAGTGATTGAACGAGGATAAA

## Ek 1'in devamı

GATAGAGTCCAGTTTTACATGTTTCATTCCAACAACGATGTAAATCGTAG  
 TAAAAAGAAAATCCGTTGGCTTTATAGTAGACCGTGAGGGTTCGAGTCC  
 CTCTACCCCCAGAAATAAAATGAAATTCATTTTATTAGTCAGAAGGGAT  
 CATCCGATAAATAGGCAGGTTTTTTTTATTACTACTCCCTCTCCCTCTTTTT  
 CCTTTTCTTATACTCCGATTGCACCAACAGTAGAATAAAAAATGGAATAT  
 TTCTACCATTTTATGTTATGTCGGAGTAATTCGAATGACAGAAGCCGGG  
 ATAGCTCAGTTGGTAGAGCAGAGGACTGAAAATCCTCGT

>*S. warnstorffii* TUR (22-7)

CGATGGAAGCTATCCCAACGAGAAATATTACTTTGACTTTAAATCTTAT  
 ACGTTTATTTATCCAGATAAACAATATGTTTATTTATCCAGATAAATA  
 AATACGTTTATTTATCCAGATAAACAATATATATATGTATATATTTGTT  
 TATTGAAATATATTCACCAGATAGAAATCTCGGAGATGGATTTATGATT  
 TATTCAATAAAAAAAAAAAGAAATAATTTTTTATTACTTCTATTTATCCAT  
 CCAAACGAAGAATCCTACCACGAATTGATCTATCAAGTGATTGAACGA  
 GGATAAAGATAGAGTCCAGTTTTACATGTTTCATTCCAACAACGATGTAA  
 ATCGTAGTAAAAAGAAAATCCGTTGGCTTTATAGTAGACCGTGAGGGTT  
 CGAGTCCCTCTACCCCCAGAAATAAAATGAAATTCATTTTATTAGTCAG  
 AAGGGATCATCCGATAAATAGGGAGGTTTTTTTTATTACTACTCCCTCTCC  
 CTCTTTTTCTTTTCTTATACTCCGATTGCACCAACAGTAGAATAAAAAAT  
 GGAATATTTCTACCATTTTATGTTATGTCGGAGTAATTCGAATGACAGA  
 AGCCGGGATAGCTCAGTTGGTAGAGCAGAGGACTGAAAATCCTCGTGT  
 CA

>*S. rubellum* TUR (22-23)

TGCTTAGCTTTTCAGATTCAGGGAAACCTAGGTTGAAGAAGAAATAGGC  
 GATCCTGAGCCAAATCTTGTTTTTCATAACATAAATCGGGATAGGTCGCA  
 GAGACTCGATGGAAGCTATCCCAACGAGAAATATTACTTTGACTTTAGA  
 TCTTATACGTTTATTTATCCAGATAAACAATATGTTTATTTATCCAGAT  
 AAATAAATACGTTTATTTATCCAGATAAACAATATATATATGTATATA  
 TTTGTTTATTGAAATATATTCACCAGATAGAAATCTCGGAGATGGATTT  
 ATGATTTATTCAATAAAAAAAAAAAGAAATAATTTTTTATTACTTCTATTT  
 ATCCATCCAAACGAAAAATCCTACCACGAATTGATCTATCAGGTGATTG

## Ek 1'in devamı

AACGAGGATAAAGATAGAGTCCAGTTTTACATGTTTCATTCCAACAACGA  
 TGTAATCGTAGTAAAAAGAAAATCCGTTGGCTTTATAGTAGACCGTGA  
 GGGTTCGAGTCCCTCTACCCCCAGAAATAAAATGAAATTCATTTTATTA  
 GTCAGAAGGGATCATCCGATAAATAGGGAGGTTTTTTTATTACTACTCC  
 CTCTCCCTCTTTTTCTTTTCTTATACTCCGATTGCACCAACAGTAGAAT  
 AAAAATGGAATATTTCTACCATTTTATGTTATGTCGGAGTAATTCGAAT  
 GACAGAAGCCGGGATAGCTCAGTTGGTAGAGCAGAGGACTGAAA

>*S. fimbriatum* TUR (22-25)

GCTAGCTTTTTTCAGATTCAGGGAAACCTAGGTTGAAGAAGAAATAGGC  
 GATCCTGAGCCAAATCTTGTTTTTCATAACATAAATGGGATAGGTGCAGA  
 GACTCGATGGAAGCTATCCCAACGAGAAATATTACTTTGACTTTAGATC  
 TTATACGTTTATTTATCCAGATAAACAAATATATATATGTATATATTTGT  
 TTATTGAAATAGATTCACCAGATAGAAATCTCGGAGATGGATTTATGAT  
 TTATTCAACAATAAAAAAAAAAAGAAATAATTTTTTTATTACTTCTATTTAT  
 CCATCCAAACGAAAAATCCTACCACGAATTGATCTATCAGGTGATTGAA  
 CGAGGATAAAGATAGAGTCCAGTTTTACATGTTTCATTCCAACAACGATG  
 TAAATCGTAGTAAAAAGAAAATCCGTTGGCTTTATAGTAGACCGTGAGG  
 GTTCGAGTCCCTCTACCCCCAGAAATAAAATGAAATTCATTTTATTAGT  
 CAGAAGGGATCATCCGATAAATAAGGAGATATTTTTTATTACTACTCGCT  
 CTCCCTCTTTTTCTTTTCTTATACTCCGATTGCACCAACAGTAGAATAA  
 AAATGGAATATTTCTACCATTTTATGTTATGTCGGAGTAATTCGAATGA  
 CAGAAGCCGGGATAGCTCAGTTGGTAGAGCAAAGGACTGAAAA

>*S. capillifolium* TUR (22-40)

CTTGTTTTTCATAACATAAATGGGATAGGTGCAGAGACTCGATGGAAGCT  
 ATCCCAACGAGAAATATTACTTTGACTTTAGATCTTATACGTTTATTTAT  
 CCAGATAAACAAATATGTTTATTTATCCAGATAAATAAATACGTTTATT  
 TATCCAGATAAACAAATATATATATGTATATATTTGTTTATTGAAATAG  
 ATTCACCAGATAGAAATCTCGGAGATGGATTTATGATTTATTCAATAAA  
 AAAAAAGAAATAATTTTTTTATTACTTCTATTTATCCATCCAAACGAAGA  
 ATCCTACCACGAATTGATCTATCAAGTGATTGAACGAGGATAAAGATAG  
 AGTCCAGTTTTACATGTTTCATTCCAACAACGATGTAAATCGTAGTAAAA

**Ek 1'in devamı**

AGAAAATCCGTTGGCTTTATAGTAGACCGTGAGGGTTCGAGTCCCTCTA  
 CCCCCAGAAATAAAATGAAATTCATTTTATTAGTCAGAAGGGATCATCC  
 GATAAATAGGGAGGTTTTTTTTATTACTACTCCCTCTCCCTCTTTTTCCTTT  
 TCTTATACTCCGATTGCACCAACAGTAGAATAAAAATGGAATATTTCTA  
 CCATTTTATGTTATGTCTGGATCTACCATTTTATGTTATGTCTGGAGTAATT  
 CGAATGACAGAAGCCGGGATAGCTCAGTTGGTAGAGCAGAGGAC





## EK 2. *trn*L-F bölgesine göre taksonlar arasındaki ilişkiyi gösteren "Benzemezlik Matrisi"

|                                   | JQ712987 <i>S. recurvum</i> | AY298197 <i>S. obtusum</i> | <i>S. fallax</i> TUR 21 109 | AY298286 <i>S. squarrosus</i> | <i>S. centrale</i> TUR 21 107 | <i>S. papillosum</i> TUR 21 111 | <i>S. palustre</i> TUR 21 112 | <i>S. compactum</i> TUR 22 8 | AY298241 <i>S. quinquefarium</i> | AY298302 <i>S. subnitens</i> | <i>S. fuscum</i> TUR 22 3 |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| JQ712987 <i>S. recurvum</i>       |                             |                            |                             |                               |                               |                                 |                               |                              |                                  |                              |                           |
| AY298197 <i>S. obtusum</i>        | 0.003201                    |                            |                             |                               |                               |                                 |                               |                              |                                  |                              |                           |
| <i>S. fallax</i> TUR 21 109       | 0.008014                    | 0.008016                   |                             |                               |                               |                                 |                               |                              |                                  |                              |                           |
| AY298286 <i>S. squarrosus</i>     | 0.026495                    | 0.026459                   | 0.031523                    |                               |                               |                                 |                               |                              |                                  |                              |                           |
| <i>S. centrale</i> TUR 21 107     | 0.014707                    | 0.014687                   | 0.019646                    | 0.026256                      |                               |                                 |                               |                              |                                  |                              |                           |
| <i>S. papillosum</i> TUR 21 111   | 0.013059                    | 0.013041                   | 0.017990                    | 0.024590                      | 0.001594                      |                                 |                               |                              |                                  |                              |                           |
| <i>S. palustre</i> TUR 21 112     | 0.013059                    | 0.013041                   | 0.017990                    | 0.024590                      | 0.001594                      | 0.000000                        |                               |                              |                                  |                              |                           |
| <i>S. compactum</i> TUR 22 8      | 0.018103                    | 0.018079                   | 0.023084                    | 0.036647                      | 0.019539                      | 0.021189                        | 0.021189                      |                              |                                  |                              |                           |
| AY298241 <i>S. quinquefarium</i>  | 0.024868                    | 0.024834                   | 0.029899                    | 0.024644                      | 0.019595                      | 0.021250                        | 0.021250                      | 0.028232                     |                                  |                              |                           |
| AY298302 <i>S. subnitens</i>      | 0.024951                    | 0.024917                   | 0.029999                    | 0.021363                      | 0.019659                      | 0.021319                        | 0.021319                      | 0.028326                     | 0.000000                         |                              |                           |
| <i>S. fuscum</i> TUR 22 3         | 0.024796                    | 0.024762                   | 0.029812                    | 0.026296                      | 0.017956                      | 0.019608                        | 0.019608                      | 0.026474                     | 0.004663                         | 0.004678                     |                           |
| <i>S. warnstorffii</i> TUR 22 7   | 0.030277                    | 0.030229                   | 0.036032                    | 0.030049                      | 0.022340                      | 0.024230                        | 0.024230                      | 0.032203                     | 0.003507                         | 0.003519                     | 0.005272                  |
| <i>S. rubellum</i> TUR 22 23      | 0.028146                    | 0.028107                   | 0.029812                    | 0.029628                      | 0.021218                      | 0.022874                        | 0.022874                      | 0.029829                     | 0.004645                         | 0.004660                     | 0.006205                  |
| <i>S. capillifolium</i> TUR 22 40 | 0.024642                    | 0.024606                   | 0.029983                    | 0.024469                      | 0.017366                      | 0.019124                        | 0.019124                      | 0.026427                     | 0.003297                         | 0.003308                     | 0.001643                  |
| <i>S. contortum</i> TUR 21 108    | 0.010004                    | 0.009990                   | 0.011675                    | 0.021778                      | 0.013236                      | 0.013236                        | 0.013236                      | 0.015043                     | 0.016542                         | 0.016597                     | 0.018294                  |
| <i>S. contortum</i> TUR 22 4      | 0.015040                    | 0.015020                   | 0.013353                    | 0.026866                      | 0.018241                      | 0.018241                        | 0.018241                      | 0.020104                     | 0.021555                         | 0.021627                     | 0.023337                  |
| <i>S. auriculatum</i> TUR 22 37   | 0.010211                    | 0.010196                   | 0.015346                    | 0.020498                      | 0.013553                      | 0.013553                        | 0.013553                      | 0.017096                     | 0.018813                         | 0.018877                     | 0.020531                  |
| AY298314 <i>S. subsecundum</i>    | 0.006915                    | 0.006905                   | 0.012125                    | 0.020912                      | 0.012014                      | 0.012014                        | 0.012014                      | 0.013876                     | 0.017338                         | 0.017399                     | 0.017376                  |
| <i>S. teres</i> TUR 22 22         | 0.020840                    | 0.020809                   | 0.026101                    | 0.006824                      | 0.018902                      | 0.018902                        | 0.018902                      | 0.029673                     | 0.017204                         | 0.017175                     | 0.018931                  |
| MW547009 <i>S. divinum</i>        | 0.013732                    | 0.013712                   | 0.018918                    | 0.024111                      | 0.000000                      | 0.000000                        | 0.000000                      | 0.020542                     | 0.020604                         | 0.020675                     | 0.018880                  |
| <i>S. girgensohnii</i> TUR 22 6   | 0.034872                    | 0.034822                   | 0.033088                    | 0.043591                      | 0.037736                      | 0.037736                        | 0.037736                      | 0.041753                     | 0.034511                         | 0.034631                     | 0.034586                  |
| <i>S. medium</i> TUR 21 110       | 0.013732                    | 0.013712                   | 0.018918                    | 0.024111                      | 0.000000                      | 0.000000                        | 0.000000                      | 0.020542                     | 0.020604                         | 0.020675                     | 0.018880                  |
| <i>S. fimbriatum</i> TUR 22 25    | 0.020586                    | 0.020557                   | 0.022310                    | 0.023946                      | 0.016875                      | 0.016875                        | 0.016875                      | 0.027403                     | 0.015316                         | 0.015368                     | 0.013563                  |

## Ek 2'nin devamı

|                                   | <i>S. warnstorffii</i> TUR 22 7 | <i>S. rubellum</i> TUR 22 23 | <i>S. capillifolium</i> TUR 22 40 | <i>S. contortum</i> TUR 21 108 | <i>S. contortum</i> TUR 22 4 | <i>S. auriculatum</i> TUR 22 37 | AY298314 <i>S. subsecundum</i> | <i>S. teres</i> TUR 22 22 | MW547009 <i>S. divinum</i> | <i>S. girgensohnii</i> TUR 22 6 | <i>S. medium</i> TUR 21 110 | <i>S. fimbriatum</i> TUR 22 25 |
|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| JQ712987 <i>S. recurvum</i>       |                                 |                              |                                   |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| AY298197 <i>S. obtusum</i>        |                                 |                              |                                   |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| <i>S. fallax</i> TUR 21 109       |                                 |                              |                                   |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| AY298286 <i>S. squarrosus</i>     |                                 |                              |                                   |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| <i>S. centrale</i> TUR 21 107     |                                 |                              |                                   |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| <i>S. papillosum</i> TUR 21 111   |                                 |                              |                                   |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| <i>S. palustre</i> TUR 21 112     |                                 |                              |                                   |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| <i>S. compactum</i> TUR 22 8      |                                 |                              |                                   |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| AY298241 <i>S. quinquefarium</i>  |                                 |                              |                                   |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| AY298302 <i>S. subnitens</i>      |                                 |                              |                                   |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| <i>S. fuscum</i> TUR 22 3         |                                 |                              |                                   |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| <i>S. warnstorffii</i> TUR 22 7   |                                 |                              |                                   |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| <i>S. rubellum</i> TUR 22 23      | 0.005249                        |                              |                                   |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| <i>S. capillifolium</i> TUR 22 40 | 0.003507                        | 0.004936                     |                                   |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| <i>S. contortum</i> TUR 21 108    | 0.022821                        | 0.018264                     | 0.017715                          |                                |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| <i>S. contortum</i> TUR 22 4      | 0.028602                        | 0.023299                     | 0.023086                          | 0.004866                       |                              |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| <i>S. auriculatum</i> TUR 22 37   | 0.025589                        | 0.023991                     | 0.020084                          | 0.003402                       | 0.008525                     |                                 |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| AY298314 <i>S. subsecundum</i>    | 0.021998                        | 0.020849                     | 0.016706                          | 0.003405                       | 0.008534                     | 0.003424                        |                                |                           |                            |                                 |                             |                                |
| <i>S. teres</i> TUR 22 22         | 0.021780                        | 0.022371                     | 0.016522                          | 0.015710                       | 0.020998                     | 0.015445                        | 0.015758                       |                           |                            |                                 |                             |                                |
| MW547009 <i>S. divinum</i>        | 0.023476                        | 0.022310                     | 0.018320                          | 0.013831                       | 0.019063                     | 0.013846                        | 0.012097                       | 0.019032                  |                            |                                 |                             |                                |
| <i>S. girgensohnii</i> TUR 22 6   | 0.041766                        | 0.034526                     | 0.035089                          | 0.029716                       | 0.027945                     | 0.032873                        | 0.029729                       | 0.038540                  | 0.037996                   |                                 |                             |                                |
| <i>S. medium</i> TUR 21 110       | 0.023476                        | 0.022310                     | 0.018320                          | 0.013831                       | 0.019063                     | 0.013846                        | 0.012097                       | 0.019032                  | 0.000000                   | 0.037996                        |                             |                                |
| <i>S. fimbriatum</i> TUR 22 25    | 0.017531                        | 0.010156                     | 0.012657                          | 0.013818                       | 0.019046                     | 0.017012                        | 0.015565                       | 0.018902                  | 0.016990                   | 0.023831                        | 0.016990                    |                                |

## ÖZGEÇMİŞ

İlköğretimini Mehmet Yetkin İlköğretim Okulu'nda, liseyi Nahit Menteşe Anadolu Lisesi'nde tamamladı. Lisans öğrenimini 2010 - 2014 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümünde yaptı. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında başladığı yüksek lisans eğitimini 2017 yılında tamamladı. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında başladığı Doktora eğitimine halen devam etmektedir. Evlidir. Yabancı dili İngilizce'dir.

Tez konusu kapsamında yayınlanan bilimsel eserler şunlardır:

Özen-Öztürk, Ö., Özdemir, T., Batan, N., ve Erata, H., 2023. Three *Sphagnum* taxa new to Turkey and South-West Asia, Botanica Serbica, 47 (1): 47-53.