



Vollastonit İşletmeciliğinde Oluşan Toz Sorununun Çalışan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi

The Evaluation from the Point of View of Worker Health of Dust Problem Occuring at Wollastonite Mining

Serhan Haner^{1,*} , Bülent Haner² 

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik ve Cam Bölümü, Isparta, Türkiye

²Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak Meslek Yüksekokulu, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, Kilimli, Zonguldak, Türkiye

Öz

Vollastonit, iğnemsî bir şekle sahip triklinik ya da monoklinik kristalli kalsiyum metasilikattır. Kendine özgü klivaj özelliklerinden dolayı, kırma ve öğütme esnasında levhamsı ya da iğnemsî kırılım göstermektedir. Vollastonit lifler mineralojik olarak olmasa da şekli, uzunluğu ve çapı açısından amfibol asbestlere benzemektedir. 1950'lerden beri ticari miktarlarda işletilen vollastonitin, asbest yerine kullanımıyla üretimi artmıştır. Vollastonit madenciliğinde oluşan toz, önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu derlemede, vollastonitin özellikleri, üretimi, kullanım alanları hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca vollastonit tozunun insan sağlığına etkileri ve vollastonit işletmelerinde oluşan toz konsantrasyonu hakkındaki çalışmaların sonuçları mevcut yönetmeliğe göre değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çalışan sağlığı, Toz kontrolü, Toz miktarı, Vollastonit

Abstract

Wollastonite is triclinic or monoclinic crystalline calcium metasilicate with a acicular. Because of its unique cleavage properties, wollastonite breaks down during crushing and grinding into lathlike or needle-shaped particles of varying acicularity. Wollastonite fibers are rather similar in form, length, and diameter to amphibole asbestos fibers but mineralogically they are different. Wollastonite has been mined in commercial quantities since the 1950s and its production is increasing with its use as a replacement for asbestos. Dust is an important problem in wollastonite mining. In this review, the information about characteristics of wollastonite, the product, its scope of use are provided. Moreover, the results of the studies about dust concentrations occurring at wollastonite mining and effects of human health of the wollastonite dust are evaluated in accordance with available regulation.


Keywords: Worker health, Dust control, Dust quantity, Wollastonite


1. Giriş

Vollastonit doğal olarak oluşmuş bir kalsiyum metasilikattır (CaSiO_3). Teorik kompozisyonu, %48.3 CaO ve %51.7 SiO_2 'den oluşmaktadır. Vollastonit nadiren saf olarak bulunur. Genelde magnezyum, manganez, demir ve stronsiyum içermektedir. Kontak metamorfik kireçtaşları ve volkanik kayalarda andradit, granat, diyopsit, tremolit, epidot, apatit, sfen, plajiolklas feldspat, kalsit ve kuvarsla beraber bulunmaktadır. İğnemsî kristal yapıya sahip, alkalın (pH 9.8), beyaz renkli, metalik olmayan bir mineraldir. Vollastonit sahip olduğu kristal yapısı ve kimyasal özellikleri

sayesinde ticari olarak geniş bir kullanıma sahiptir. Vollastonit, piroksen grubunun bir üyesidir. Kristal yapısı zincir (Si_3O_9)⁻⁶ bileşimindedir. İki dörtyüzlünün aktif oksijenleri bir tarafta, üçüncü dörtyüzlünün aktif oksijeni diğer tarafta yer alır. Bu düzen mineralin dilinimi, yassı kristal şekli, lifsel dokusu ile uyum gösterir. Vollastonitin çok sayıdaki kendine özgü özellikleri, gün geçtikçe artan birçok uygulama alanında kullanımına yol açmıştır. Bu özellikleri sayesinde seramiklerde, plastiklerde ve boyalarda dolgu malzemesi olarak, sırlarda ergitici ve ıslatma ajanı olarak, ayrıca termal yalıtkanlarda, elektriksel yalıtkanlarda ve metal ergiticilerde kullanılmaktadır (Ciullo 1996, Dumont 2004, Haner ve Çuhadaroğlu 2013, McLemore 2006, Sariz 1992, Springer 1994, Virta 2001).

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: serhanhaner@sdu.edu.tr

Serhan Haner  orcid.org/0000-0002-8579-078X

Bülent Haner  orcid.org/0000-0003-1662-7927

Asbest madenlerinde çalıŝanlarda ortaya çıkabilecek mezotelyoma, akciğer plağının kalınlaŝması, akciğer kanseri ve asbestosis gibi hastalıklardan dolayı Amerika Birleŝik Devletleri ve Avrupa'da asbestin yerine vollaŝtonit kullanılmaktadır. Vollaŝtonitin kırma ve öğütme işlemleri esnasında, kendine özgü dilinim özelliklerinden dolayı, iğne ŝekilli parçacıklar oluŝur. Ürönlere yüksek mukavemet katan bu parçacık morfolojisi, birçok pazardaki en önemli başarı sebebidir. Vollaŝtonitin iğnemsî yapısının avantajlarının yanı sıra tozuna maruz kalınması durumunda ne gibi sağlık riskleri oluŝturabileceęi ile ilgili birçok araŝtırma yapılmıŝtır (Hanke et al. 1984, Huuskonen et al. 1983a, Huuskonen et al. 1983b, IARC 1987, IARC 1997, Koskinen et al. 1997, McConnell et al. 1991, NOHSC 2001, Pailes et al. 1984).

Bu makalede, vollaŝtonit işletmeciliğinde ortaya çıkan toz sorununun boyutu ve çalışan sağlığına olan etkileri hakkında yapılmıŝ olan çalışmaların verileri, 20/6/2012 tarihli ve 6331 sayılı İç Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na göre deęerlendirilmiŝ ve oluşan toz sorununun önlenmesi ile ilgili öneriler sunulmuŝtur.

2. Üretimi ve Kullanımı

Vollaŝtonit madenciliği, muhtemelen ilk kez 1933 yılında, mineral yün üretiminde kullanılmak için Kaliforniya'da (ABD) yapılmıŝtır. Önemli miktarda ticari üretimine 1950'lerde ABD'nin Willsboro yatağında baŝlanmıŝtır. O zamandan beri özellikle seramik endüstrisinde büyük ölçüde kullanılmaktadır. Dünya vollaŝtonit madenleri Amerika Birleŝik Devletleri, Çin, Finlandiya, Hindistan, Meksika, Kanada, Türkiye, Avustralya, ŝili, Fas, Kenya, Namibya, Kuzey Kore, Pakistan, Sırbistan, Güney Afrika, Sudan, Tacikistan ve Özbekistan'da bulunmaktadır. Son zamanlarda, saflık ve performans gerektiren endüstrilerde sentetik vollaŝtonit önemli bir rol oynamaktadır (IMF 2010, Maxim and McConnell 2005, Virta 2011).

Vollaŝtonit piyasada yüksek boy/çap oranlı (10:1 ile 20:1 arasında olan) ve düşük boy/çap oranlı (toz ya da öğütölmüŝ boyut) olarak iki ana kategoriye ayrılabilir. Yüksek boy/çap oranına sahip vollaŝtonit hammaddesi, plastik, kauçuk, boya, kaplama ve asbeste alternatif endüstrilerde kullanılmaktadır. Vollaŝtonitin dünyadaki toplam tüketiminin %19-25'i plastik ve kauçuk sanayisinde, %20-25'i asbest alternatif alanlarda, %2-5'i boya ve kaplama endüstrilerinde tüketilmektedir. Bu uygulamalarda vollaŝtonit, ilave sertlik, eğilme mukavemeti, darbe dayanımı sağlamaktadır. Düşük boy/çap oranlı vollaŝtonit seramik (%40-45) ve metalurji (%12-15) endüstrilerinde kalsiyum oksit ve silisyum dioksit

kaynağı olarak kullanılmaktadır (Haner ve Çuhadaroğlu 2013, IARC 1997).

Vollaŝtonit madenciliği genellikle açık ocak iŝletme yöntemleri ŝeklinde yapılmaktadır. Türkiye'de vollaŝtonit üretimi, Çanakkale Seramik Fabrikası tarafından Balıkesir ili Serçeören köyünde 1988 yılına kadar cevher kafaları izlenerek açık ocak iŝletmecilięi ile yapılmıŝtır. Üretilen cevher ocakta triyaj ile zenginleŝtirilmiŝtir. Günümüzde ise az miktardaki vollaŝtonit üretimi, B&S Yatırım A.ŝ. tarafından Kırŝehir ili Tatarilyasyayla köyünde, açık ocak iŝletme yöntemleri ile yapılmaktadır. Bu kayaçlara, flotasyon ile zenginleŝtirme işlemi uygulanmaktadır.

3. Mesleki Maruziyet

Vollaŝtonite maruz kalan grupların mesleki yönden ölüm oranı ve hastalıklılık durumunu içeren birkaç epidemiyolojik çalıŝma vardır (Hanke et al. 1984, Huuskonen et al. 1982). Çalıŝmalar, meslek icabı vollaŝtonite maruz kalmanın kansere neden olmadığını, ancak yüksek derecede maruz kalındığında kanser dışında bazı etkileri olabileceğini göstermiŝtir. Vollaŝtonite mesleki olarak maruz kalındığında, bronŝitte belirsiz bir artış, ciğer fonksiyonunda azalma ve sınırlı pnömokonyoz bulgusu saptanmıŝtır. Ayrıca vollaŝtonit düşük düzeyde zehirli etkiye sahiptir ancak yüksek derecelerde maruz kalındığında plevral ve doku içi değişimlere sebep olmaktadır. Avustralya Ulusal İç Sağlığı ve Güvenliği (National Occupational Health and Safety Commission-NOHSC), vollaŝtonit liflerinin insanlar için zehirli veya kanser yapıcı etkisinin olmadığını belirtmiŝtir. Alman İç Yerindeki Kimyasal Bileŝiklerin Sağlık Tehlikelerini Araŝtırma Komisyonu (The German Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area-MAK Commission) değerlendirmesinde, "Bütün ihtimallere nazaran vollaŝtonit liflerinin kanser yapıcı herhangi bir etkisi bulunmamaktadır" denilmektedir (Haner ve Çuhadaroğlu 2013, Hanke et al. 1984, Huuskonen et al. 1982, Kennedy 1990, Maxim and McConnell 2005).

Vollaŝtonitin çıkarılması, taŝınması ve fabrikalarda ürün haline getirilmesi aŝamalarında oluşan tozun belirli limitlerin üzerine çıkması çalışan sağlığı açısından önemli bir sorun teşkil etmektedir. Vollaŝtonit işletmeciliğinde genellikle delme-patlatma yöntemi uygulanmaktadır. İlk toz oluŝumu patlatma deliklerinin delik delme makinası ile delinmeleri sırasında gerçekteŝmektedir. Ateŝleme sonucu ortaya açığa çıkan toz atmosfere dağılır. Kırma, aŝındırma, parçalama, öğütme, eleme, ayırma, karıŝtırma, kurutma,

raspalama (yüzey temizleme), fırınlama, eritme, paketleme, nakliyat, depolama ve yüzeylerin iŝlenmesi gibi daha birçok iŝlemler esnasında toz oluşmaktadır.

Çalıŝma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı 28812 sayılı Tozla Mücadele Yönetmeliği'nde tozlu iŝlerde yapılacak risk değerlendirmesinde özellikle, ortamda bulunan tozun çeŝidinin, ortamda bulunan tozun sağlık ve güvenlik yönünden tehlike ve zararlarının, maruziyetin düzeyi, süresi ve sıklığının, mesleki maruziyet sınır değerlerinin, toz ölçüm sonuçlarının, alınması gereken önleyici tedbirlerin ve varsa daha önce yapılmıŝ olan sağlık gözetimlerinin sonuçlarının dikkate alınması gerektiği belirtilmiŝtir (T.C. Resmi Gazete, 28812, 5.11.2013).

Türkiye'deki maden işletmelerinde ortaya çıkan toz ölçümleriyle ilgili bazı çalıŝmalar bulunmaktadır (Didari 1983, Didari ve Yaprak 1990, Didari ve Çakır 1991, Ediz vd. 2001a). Ancak Türkiye'de yapılan vollaŝtonit madencilikte, süreklilik olmaması ve düşük tonajlardaki üretim miktarları nedeniyle toz konsantrasyonu belirlemeye yönelik ölçümler yapılmamıŝtır. Diğer taraftan küresel vollaŝtonit üretim tesislerinde ortaya çıkan toz miktarının belirlenmesine yönelik bazı çalıŝmalar bulunmaktadır (Hanke et al. 1984, Huuskonen et al. 1983a).

Bir çalıŝmada, Amerika Birleŝik Devletleri'ndeki NYCO Minerals A.ŝ.'nin Willsboro'daki vollaŝtonit iŝleme tesisinin çeŝitli aŝamalarda açığa çıkan toz konsantrasyonuna hangi oranda maruz kalındığı ile ilgilidir. Maruziyetin tespiti amaçlı, uzun süreli referans maruziyet süresi olan bir vardiya 8 saatlik süre için ağırlıklı ortalama olarak raporlanmıŝtır. Madencilik, kırma, öğütme, zenginleŝtirme ve paketleme aŝamalarındaki toz toplam konsantrasyonunun 0.9-12 mg/m³ aralığında olduğunu, havaya saçılan vollaŝtonit lifleri sayısının madende 0.3 lif/cm³ ve değirmende 23.3 lif/cm³ olduğunu tespit etmiŝlerdir. Lifli tanelerin ortalama uzunluğu 2.5 µm ve ortalama çapı 0.22 µm olarak bulunmuŝtur (Hanke et al. 1984).

Baŝka bir çalıŝma, Finlandiya'da bulunan Nordkalk Corp.'un Lappeenranta'daki Finnish kireçtaŝı-vollaŝtonit iŝletmesini kapsamaktadır. Çalıŝmada, toz ölçümleri çalışanların solunum alanları ve çalıŝma alanlarında yapılmıŝtır. Lifler, faz-kontrast optik mikroskop (PCOM) ya da taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile sayılmıŝtır. Lifli tanelerin ortalama uzunluğu 5 µm'nin üzerinde ve ortalama çapı 3 µm'nin altında bulunmuŝtur. Finnish kireçtaŝı-vollaŝtonit üretim tesisinde çeŝitli aŝamalarındaki toz toplam konsantrasyonunun 0.3-67 mg/m³ aralığında ve liflerin

ortalama konsantrasyonunun 5.1-33 lif/cm³ (PCOM) ya da 23-52 lif/cm³ (SEM) aralığında olduğu görülmüŝtür. Toz konsantrasyonu elle delme (27 mg/m³), yükleme ve nakliye (0.3 mg/m³), birincil kırma tesisi iç kontrol odası (3.8 mg/m³), birincil kırma tesisi dıŝ kontrol odası (44 mg/m³), elle ayıklama (2.8 mg/m³), otomatik ayıklama iç kontrol odası (3.3 mg/m³), otomatik ayıklama dıŝ kontrol odası (67 mg/m³), ikincil kırma tesisi iç kontrol odası (10 mg/m³), ikincil kırma tesisi dıŝ kontrol odası (43 mg/m³), ince kırma tesisi iç kontrol odası (11 mg/m³), ince kırma tesisi dıŝ kontrol odası (41 mg/m³), flotasyon tesisi (ince öğütme içeren) (22 mg/m³), paketleme (27 mg/m³) birimlerinde ölçülmüŝtür. Kırma aŝamalarında lif uzunluğu ortalama 4 µm ve lif çapı ortalama 0.8 µm, paketleme aŝamasında fiber uzunluğu ortalama 2 µm ve lif çapı ortalama 0.4 µm olarak ölçülmüŝtür (Huuskonen et al. 1983a).

4. Sonuç ve Öneriler

Çalıŝma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Tozla Mücadele Yönetmeliği'nin, Toz Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri tablosunda kalsiyum silikat (CAS no. 1344-95-2) için toplam toz miktarı 15 mg/m³ olarak, Özelliği Olan Kayaç veya Mineraller Maruziyet Eŝik Sınır Değerleri tablosunda ise %5'ten fazla SiO₂ içeren solunabilir toz eŝik sınır değeri 10 mg/m³ olarak belirlenmiŝtir (T.C. Resmi Gazete, 28812, 5.11.2013). Vollaŝtonit operasyonlarına bakıldığında delme, kırma, ince öğütme ve paketleme aŝamalarında mesleki maruziyet sınırı (15 mg/m³) ve solunabilir toz eŝik sınırı (10 mg/m³) değerlerinin aŝılabileceęi görülmektedir. Türkiye'de düşük tonajlarda iŝletmecilięi yapılmakta olan Kırŝehir Tatarilyasayla mevkiindeki nefelinli siyenit-vollaŝtonit hammaddesine, önümüzdeki yıllarda sanayideki teknolojik gelişmeler ile birlikte talebin artacağı düşünölmektedir. Günümüz için çalışan sağlığı açısından toz sorunu teşkil etmeyen bu operasyonda, artan talebe paralel olarak toz konsantrasyonunun yoğun olduğu delme-patlatma, kırma, ince öğütme ve paketleme gibi aŝamalara daha dikkat edilmesi gereklidir. Çünkü toz ölçümü ile toz yoğunluğunun uyulması gereken değerde olduğu veya altına düŝtüęü tespit edildiğinde çalıŝma izni verilmektedir.

Madencilik operasyonu için toz kontrol yöntemlerinin planlanmasında, o madencilik ve iŝleme operasyonu için tüm toz kaynaklarının ayrıntılı listesi yapılmalıdır. Büyük ve küçük tüm kaynaklar ayırt edilmeli, böylece iyileŝtirmenin potansiyel kaynakları benzer ŝekilde belirlenmelidir. Kaynakların her biri, toz konsantrasyon düzeyi, bu tozla ilgili özel değerlendirmeler ve madende çalışanların bu toza maruz

kalma derecesi gibi hususlara göre değerlendirilmelidir. Bu karşılaştırma, madende çalışanların acil müdahale gerektiren ve en az maliyet ile çözümlenebilecek toz kaynaklarını ayırt etmesine yardım eder (Ediz vd. 2001b).

Madencilik faaliyetlerinde toz kontrolünü sağlamak için su kullanılması en ucuz yöntemlerden birisidir. Oluşan tozun bastırılması için, delme işlemi sulu delik delme ile, patlatma ve kırma işlemleri ise su spreyleri kullanılarak yapılmalıdır. Kırıcı kontrol odalarındaki toz kirliliğinin azaltılması için ise kabinler tamamen kapatılmalı ve temiz hava ile havalandırılmalıdır. Eleklerde açığa çıkan tozu, yanları plastik perdelerle kapatılmış, kapalı elek sistemleri kullanımı engelleyebilir (Polat vd. 2000, Ediz vd. 2001b).

5. Kaynaklar

- Ciullo, P.A. 1996.** Industrial Minerals and Their Uses. Noyes Publications, New Jersey, 607 pp.
- Didari, V. 1983.** Toz durumlarının kitlesel toz ölçme yöntemleriyle belirlenmesi, *Madencilik*, 22: 27-32.
- Didari, V., Yaprak, S. 1990.** TTK Ocaklarında Solunabilir Toz Koşullarının İstatistiksel Bir Değerlendirmesi, 7. Kömür Kongresi, Zonguldak.
- Didari, V., Çakır, A. 1991.** TTK yeraltı işyerlerinde solunabilir toz koşullarının ayrıntılı değerlendirilmesi. *Madencilik*, 4: 21-29.
- Dumont, M. 2004.** Wollastonite. Canadian Minerals Yearbook, No:60, 5 pp.
- Ediz, İ.G., Yuvka, Ş., Beyhan, S., Çolpan, R. 2001a.** GLİ Tunçbilek-Ömerler Bölgesinde Mekanize Üretimde Toz Sorunu, Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, Ankara.
- Ediz, İ.G., Beyhan, S., Yuvka, Ş. 2001b.** Madencilikte tozlara bağlı meslek hastalıkları. *Dumlupınar Üni. Fen Bilim. Ens. Derg.*, 2: 111-120.
- Haner, S., Çuhadaroğlu, D. 2013.** Wollastonit: bir gözden geçirme. *Jeoloji Müh. Derg.*, 37: 63-82.
- Hanke, W., Sepulveda, M-J., Watson, A., Jankovic, J. 1984.** Respiratory morbidity in wollastonite workers. *Br. J. Ind. Med.*, 41: 474-479.
- Huuskonen, M., Tossavainen, A., Koskinen, H., Zitting, A., Korhonen, O., Nickels, J., Korhonen, K., Vaaranen, V. 1982.** Respiratory Morbidity of Quarry Workers Exposed to Wollastonite. *International Conference on Occupational Lung Diseases*, Chicago.
- Huuskonen, M.S., Tossavainen, A., Koskinen, H., Zitting, A., Korhonen, O., Nickels, J., Korhonen, K., Vaaranen, V. 1983a.** Wollastonite exposure and lung fibrosis. *Environ. Res.*, 30: 291-304.
- Huuskonen, M.S., Järvisalo, J., Koskinen, H., Nickels, J., Räsänen, J., Asp, S. 1983b.** Preliminary results from a cohort of workers exposed to wollastonite in a Finnish limestone quarry. *Scand. J. Work Environ. Health*, 9: 169-175.
- IARC 1987.** Wollastonite. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk to humans, silica and some silicates, 42: 145-158.
- IARC 1997.** Wollastonite. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk to humans, silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils, 68: 283-305.
- IMF 2010.** International Monetary Fund. Washington, DC, Kenya: Poverty Reduction Strategy Paper, 10/224: 201.
- Kennedy, B.A. 1990.** Surface Mining (2nd Edition). Published by Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., Maryland, 1177 p.
- Koskinen, H.O., Nordman, H.L., Zitting, A.J., Suoranta, H.T., Anttila, S.L., Taikina-aho, O.S.A., Luukkonen, R.A. 1997.** Fibrosis of the lung and pleura and long-term exposure to wollastonite. *Scand. J. Work Environ. Health*, 23: 41-47.
- Maxim, L.D., McConnell, E.E. 2005.** A review of the toxicology and epidemiology of wollastonite. *Inhal. Toxicol.*, 17: 451-466.
- McConnell, E.E., Hall, L., Adkins, Jr.B. 1991.** Studies on the chronic toxicity (inhalation) of wollastonite in Fischer 344 rats. *Inhal. Toxicol.*, 3: 323-337.
- McLemore, V.T. 2006.** Nepheline Syenite. (editor: J.E. Kogel, N.C. Trivedi, J.M. Barker, S.T. Krukowski). Industrial Minerals & Rocks (7th Edition). Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Colorado, 653-670 pp.
- NOHSC 2001.** Natural mineral fibres-wollastonite. NOHSC report, chrysotile asbestos, health assessment of alternatives, National Occupational Health & Safety Commission, 63-67.
- Pailes, W.H., Judy, D.J., Resnick, H., Castranova, V. 1984.** Relative effects of asbestos and wollastonite on alveolar macrophages. *J. Toxicol. Environ. Health*, 14: 497-510.
- Polat, H., Polat, M., Gürgen, S. 2000.** Solunabilir tozun su spreyleri kullanılarak bastırılmasında son gelişmeler. *Madencilik*, 39: 39-52.
- Sarız, K. 1992.** Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği. Anadolu Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları, 443 s.
- Springer, J. 1994.** Ontario Wollastonite: Uses, Markets and Ontario's Potential as a Future Producer, Industrial Mineral Background, 22 pp.
- T.C. Resmî Gazete, 28812, 5.11.2013.** <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/11/201311105-9.htm>
- Virta, R.L. 2001.** Wollastonite, In Minerals Yearbook, U.S. Geological Survey. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/wollastonite/860401.pdf>
- Virta, R.L. 2011.** Wollastonite, In Minerals yearbook, U.S. Geological Survey. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/wollastonite/myb1-2010-wolla.pdf>

