



## Soapstone from eastern Finland – characteristics and use

---

Heikki Pirinen, Seppo Leinonen and Olavi Selonen

# THE FINNISH NATURAL STONE ASSOCIATION

Geotechnical report 11

Soapstone from eastern Finland – characteristics and use

**YHTEENVETO:** Vuolukiven tuotanto Itä-Suomessa

Heikki Pirinen  
Geological Survey of Finland  
FI-70211 Kuopio, Finland  
E-mail: heikki.pirinen@gtk.fi

Seppo Leinonen  
Geological Survey of Finland  
FI-70211 Kuopio, Finland  
E-mail: seppo.leinonen@gtk.fi

Olavi Selonen  
Åbo Akademi University  
Department of natural sciences  
Geology and Mineralogy  
FI-20500 Turku, Finland  
E-mail: olavi.selonen@abo.fi

**ISSN** 2489-3161

Layout: Sonck-Koota

Publisher: The Finnish Natural Stone Association  
P.O.Box 381, FIN-00131 HELSINKI  
[www.suomalainenkivi.fi](http://www.suomalainenkivi.fi)

Front cover. Quarry in soapstone in Nunnanlahti, Juuka, Finland.

Photo: Esko Koistinen.

Small photo: Geological Survey of Finland.

Kansikuva. Vuolukivilouhimo Juuan Nunnanlahdessa.

Kuva: Esko Koistinen.

Pikkukuva: Geologian tutkimuskeskus.

**HELSINKI 2018**

## CONTENTS

1	Introduction.....	2
2	Soapstone .....	2
2.1	Definition of soapstone.....	2
2.2	Mineralogical composition of soapstone .....	2
2.3	Geochemical composition of soapstone .....	4
2.4	Texture and structure of soapstone .....	4
3	Geotechnical properties of soapstones .....	4
3.1	Material properties .....	4
3.2	Thermal properties.....	6
4	Current applications for soapstones.....	8
5	Finnish soapstone formations.....	8
5.1	Geological setting .....	8
5.2	Nunnanlahti soapstone .....	9
5.3	Kuhmo soapstone.....	9
5.4	Suomussalmi soapstones .....	12
5.5	Polvijärvi soapstones .....	13
5.6	Savonranta soapstone .....	13
6	Vulnerability and maintenance of supply.....	13
6.1	Exploration methods.....	13
6.2	Future potential for developing the soapstone industry in Finland .....	14
7	Concluding remarks.....	15
	Acknowledgements .....	15
	References .....	15
	YHTEENVETO: Vuolukiven tuotanto Itä-Suomessa .....	18
	Appendices .....	24

## 1 INTRODUCTION

Soapstone is a talc-carbonate metamorphic rock found in eastern Finland. Its most distinctive qualities are softness (easy to work) and good thermal capacity. Soapstone has been extracted and utilized in Finland since the Stone Age. The first objects were small art and utility objects, followed by moulds and ovens.

The industrial utilization of soapstone started in Finland at the end of the 1800's when the company Finska Täljstens Ab was founded. Soapstone was mainly used for architectural purposes such as in façades and decorations of buildings. Since then the industrial usage of soapstone has continued with varying intensity and different products up to this day. During the 1980's, the potential of soapstone was re-discovered and the production increased significantly. Presently, the Finnish soapstone industry is highly developed and a world market leader in soapstone products.

Today, soapstone is processed mainly due its excellent heat storage capacity for manufacturing fireplaces. It is also used in interior design and as façades of buildings. Furthermore, a wide variety of small objects is made of it.

In this geotechnical report, we describe the geological and geotechnical features of soapstones produced in Finland and the current use. No recent compilation of data on soapstone as natural stone has been published. Our aim is to provide the reader with the basic information on soapstones, together with a comprehensive list of literature for further reading. The authors revisited the soapstone areas in eastern Finland in 2017–18.

## 2 SOAPSTONE

### 2.1 Definition of soapstone

As a natural stone on the market, soapstone (steatite) is defined in prEN 12670 Natural stone – Terminology as “metamorphic rock composed 30–70 % talc, of which carbonate content, if present, is up to 70 %, and of which any other

single mineral species (chlorite, serpentine, olivine, amphibole, pyroxene etc.) is less than 50 %. Commercially, rocks consisting 30–70 % talc, carbonate, chlorite and serpentine. They have a soapy feel and are soft enough to be carved with a knife.”

Soapstone as an ultramafic rock, having a talc content of 30–70 vol. % is defined by Kärki et al. (2008), Kärki et al. (2013), and Leinonen (2013a). It is designated according to the main minerals: relative quantities of carbonate, chlorite and oxide and absolute volumes of the other minerals as shown in Fig. 1. The designation is completed with the name of the hard silicate when the amount of it exceeds 5 %, e.g. “serpentine bearing carbonate soapstone”. The designation of soapstone is solely based on the hard silicate when the amount exceeds 25 %, e.g. “serpentine soapstone”. The amount of the hard silicates must not exceed 50 % in true soapstones.

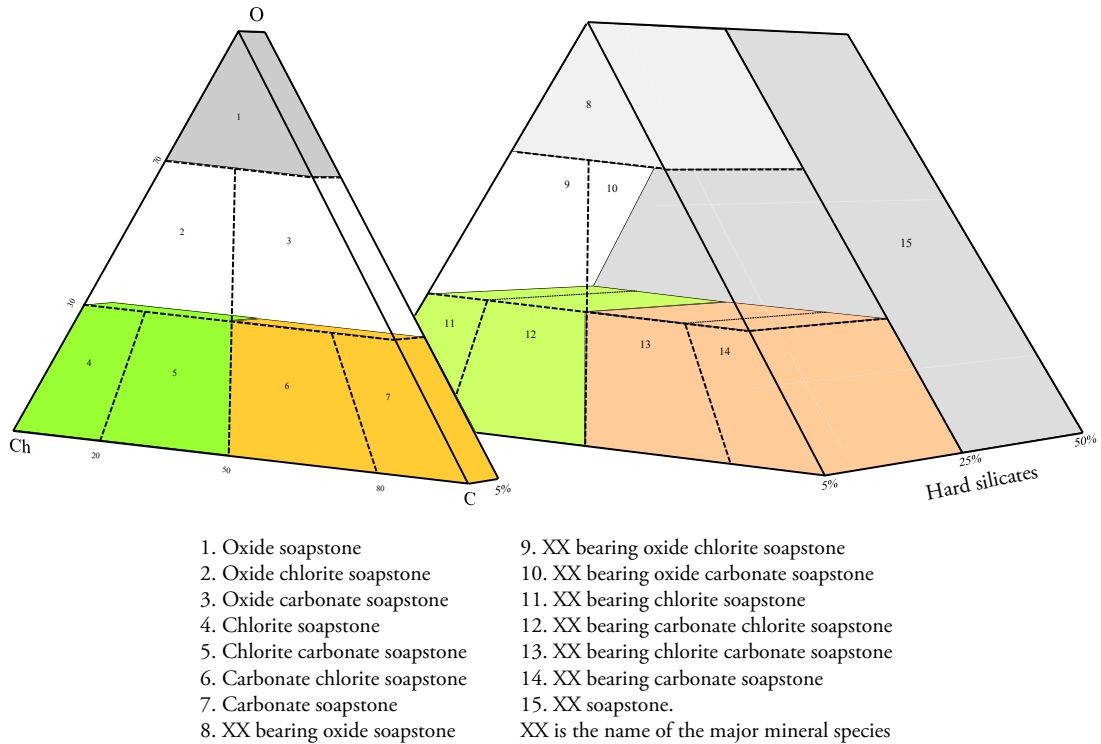
The colour of soapstone is grey, bluish grey, greenish, or yellowish. The soapstone is soft, 2–3 on the Mohs scale and the soapy impression is caused by talc.

Other designations of soapstone include “steatite” and “pyrophyllite”.

### 2.2 Mineralogical composition of soapstone

The main minerals in soapstones are talc and carbonates (Leinonen 2013a) (Table 1). Other common minerals are chlorite and serpentine. Minor minerals include oxides and sulphides. Oxide, most frequently magnetite, occur as the main accessory mineral, but in many iron rich soapstones it appears as a major mineral, up to 20 %. Ferri chromite, chromian magnetite, and ilmenite are found only in very low extent. Sulphides, usually pyrrhotite and pentlandite appear also only occasionally in sparse amounts.

Typically, magnesite is the only carbonate. However, some soapstone types can include dolomite, comprising as high as 45 % of the total carbonate content.



**Figure 1.** Designation of soapstone according to the relative quantities of oxide (O), chlorite (Ch), and carbonate (C), and the volumes of hard silicates. According to Kärki et al. (2008) and Kärki et al. (2013).

**Kuva 1.** Vuolukivien luokitus oksidi (O)/kloriitti (Ch)/karbonaatti (C) -suhteen ja koviin silikaattien määrän perusteella. 1. Oksidivuolukivi. 2. Oksidi-kloriittivuolukivi. 3. Oksidi-karbonaattivuolukivi. 4. Kloriittivuolukivi. 5. Karbonaatti-kloriittivuolukivi. 6. Kloriitti-karbonaattivuolukivi. 7. Karbonaattivuolukivi. 8. XX-pitoinen oksidivuolukivi. 9. XX-pitoinen oksidi-kloriittivuolukivi. 10. XX-pitoinen oksidi-karbonaattivuolukivi. 11. XX-pitoinen kloriittivuolukivi. 12. XX-pitoinen karbonaatti-kloriittivuolukivi. 13. XX-pitoinen kloriitti-karbonaattivuolukivi. 14. XX-pitoinen karbonaattivuolukivi. 15. XX-vuolukivi. XX on päämineraalina esiintyvän mineraalispesieksen nimi. Kärki et al. (2008) ja Kärki et al. (2013) mukaan.

**Table 1.** Mineral composition of soapstone. w-%, MLA. According to Leinonen (2013a).

**Taulukko 1.** Vuolukiven mineraalikoostumus. w-%, MLA. Talc = talkki, Magnesite = magnesiitti, Dolomite = dolomiitti, Calcite = kalsiitti, Serpentine = serpentiini, Chlorite = kloriitti, Amphibole = amfiboli, Sulphide = sulfidi, Oxide = oksidi, Others = muut mineraalit. Leinosen (2013a) mukaan.

Talc	50.04 % (42.77–61.38 %)
Magnesite	30.28 % (16.43–42.87 %)
Dolomite	2.95 % (0.00–12.58 %)
Calcite	0.00 % (0.00–0.04 %)
Serpentine	1.88 % (0.00–17.40 %)
Chlorite	8.45 % (1.41–25.48 %)
Amphibole	0.00 % (0.00–0.00 %)
Sulphide	0.16 % (0.00–0.52 %)
Oxide	6.02 % (0.07–18.68 %)
Others	0.22 % (0.00–1.18 %)

The mineral composition of the Finnish soapstone is in accordance with the definition of the term “soapstone” in the prEN 12670.

### 2.3 Geochemical composition of soapstone

The chemical whole-rock composition of soapstone shows high contents of silica and magnesium (Leinonen 2013a) (Table 2). Iron is also commonly found. The contents of calcium and aluminium are low as are the amounts of TiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, and sulphur.

### 2.4 Texture and structure of soapstone

Soapstones can be classified in eight and nine major types of texture and structure, respectively (Leinonen 2013a). The main textural types include fine-grained massive, slightly banded or highly deformed schistose and striped with chlorite and re-crystallized flaky talc (Fig. 2).

The major structural types show variation between massive to schistose and even-grained to coarse porphyroblastic structures (Fig. 3).

## 3 GEOTECHNICAL PROPERTIES OF SOAPSTONES

In a recent study, the geotechnical properties of Finnish soapstones have been comprehensively investigated by Leinonen (2013a) (Table 3). This chapter is based on that study if nothing else is indicated. See also Koskinen (1982), Tiira (1986) and Pirinen et al. (2013).

### 3.1 Material properties

Soapstone is a soft material (Mohs scale 2.5) compared with, e.g. granite (6 Mohs) and marble (3 Mohs), whereas the value for the water absorption (0.17 %) is that of a dense material.

The compressive strength of soapstone (31 MPa) is comparable with that of, e.g. brick products.

The flexural strength of soapstone is approx. 30 % lower than the compressive strength. With a high compressive strength follows a high flexural strength. There is also a positive correlation between the breaking load at a dowel hole in soapstone and its compressive and flexural strengths. The strength properties enable the use of soapstone, e.g. in façades, and, e.g. as paving on yards and gardens with light traffic loads.

After 48 cycles of freeze/thaw treatment of soapstone, its compressive strength is 6 %, and its flexural strength 7 % lower than those of an untreated stone.

The strength of stone is commonly defined by its mineral composition, grain size, porosity, and the amount of mineral orientation in the stone (e.g. Siegesmund & Sneathlake 2014). However, it seems that the mineral composition is less significant for the strength of soapstone whereas the textural features correlate with the strength of the rock. The compressive strength is lowest in soapstones with a high porosity, a well-developed schistosity, and a high amount of flaky talc. Massive soapstones with very low amounts of flaky talc have the highest strength.

The abrasion resistance of soapstone (40 mm) is sufficient for uses as, e.g. indoor floors and stairs. There is a weak positive correlation between abrasion resistance and compressive strength of soapstones, but there seem to be no direct correlation between abrasion resistance and Mohs hardness.

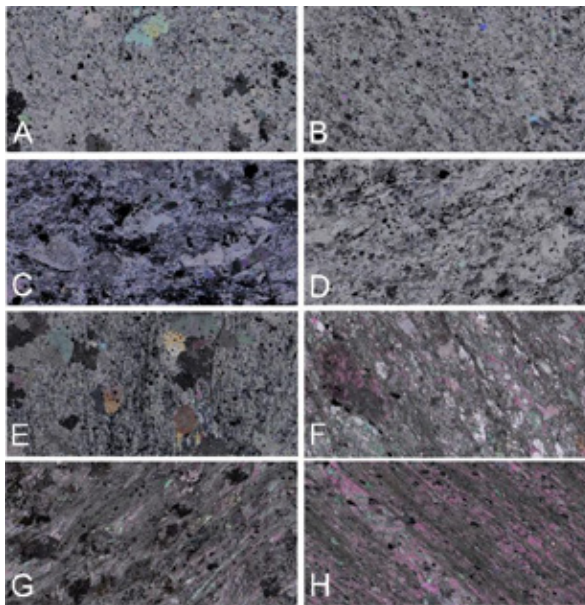
The values of the slip resistance test show that honed talc-carbonate soapstones exceed the minimum values set for slipperiness by the standard EN 14231 both for dry and wet surfaces. The values of serpentine soapstones with honed wet surface are close to those minimum values. There is a weak correlation between talc content and friction; lower talc content correlate with higher friction. The high density of soapstone is beneficial when used as wet interior wall and floor coverings.

In chemical resistance against acidic and basic solutions, magnesite soapstone dissolves only to

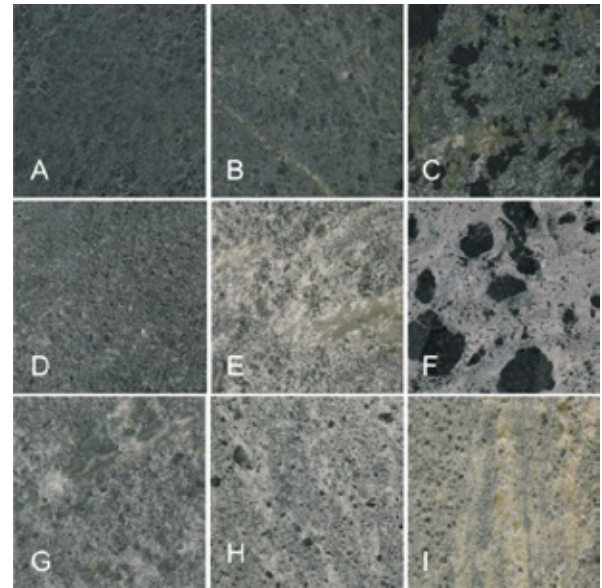
**Table 2.** Chemical composition of soapstone. w-%, XRF. According to Leinonen (2013a).

**Taulukko 2.** Vuolukiven kemiallinen koostumus. w-%, XRF. Leinosen (2013a) mukaan.

MgO	34.45 % (32.40–36.20 %)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.52 % (0.55–3.29 %)
SiO <sub>2</sub>	39.95 % (32.50–49.10 %)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.011 % (0.000–0.098 %)
K <sub>2</sub> O	0.002 % (0.000–0.011 %)
CaO	0.933 % (0.055–3.020 %)
TiO <sub>2</sub>	0.063 % (0.000–0.157 %)
MnO	0.11 % (0.04–0.18 %)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.93 % (6.51–22.00 %)
S	0.049 % (0.000–0.124 %)
Cr	0.101 % (0.000–0.522 %)
CO <sub>2</sub>	17.19 % (5.35–23.67 %)


**Figure 2.** Textures of soapstones, scanned thin sections. A. Massive. B. Sparsely oriented. C. Oriented. D. Slightly banded. E. Banded. F. Striped. G. Schistose. H. Striped and schistose. The long side of the section is 47 mm. According to Leinonen (2013a).

**Kuva 2.** Vuolukiven tekstuureja, scannattu ohuthieistä. A. Suuntautumaton, massamainen. B. Piilosuuntautunut, heikko läpikotainen liuskeisuus. C. Pilsteinen, läpikotainen heikko suuntaus/liuskeisuus. D. Osin raitainen, suuntautunut/liuskeinen. E. Raitainen, läpikotainen suuntaus/liuskeisuus. F. Liuskeinen, läpikotainen suuntaus jakaantunut heikosti raidoiksi (juoviksi). G. Liuskeinen (läpikotainen). H. Juovainen ja liuskeinen. Ohuthieen pitkä sivu 47 mm. Leinosen (2013a) mukaan.


**Figure 3.** Structures of soapstones. A. Massive. B. Massive with thin cutting veins. C. Massive and porphyroblastic. D. Sparsely or hiddenly oriented. E. Oriented. F. Oriented and porphyroblastic. G. Slightly banded. H. Banded. I. Striped and schistose. The sides of the macroscopic photographs are 60 mm. According to Leinonen (2013a).

**Kuva 3.** Vuolukiven rakenteita. A. Suuntautumaton. B. Suuntautumaton (sisältää myös risteileviä juonia). C. Massamainen, porfyroblasteja (serpentiini). D. Piilosuuntautunut. E. Pilsteinen. F. Pilsteinen, porfyroblasteja (magnesiitti). G. Osin raitainen. H. Raitainen. I. Juovainen (heikosti liuskeinen). Valokuvien sivut 60 mm. Leinosen (2013a) mukaan.

**Table 3.** Geotechnical properties of soapstone. According to Leinonen (2013a).**Taulukko 3.** Vuolukiven geoteknisiä ominaisuuksia. Leinosen (2013a) mukaan.

Mohs scale hardness	2.50 (2.09–2.79)
Water absorption (%), EN 13755	0.17 (0.05–0.42)
Open porosity (%), EN 1936	0.53 (0.25–1.32)
Apparent density (kg/m <sup>3</sup> ), EN 1936	2949 (2800–3130)
Flexural strength (MPa), EN 12372	9.2 (2.9–15.4)
Frost resistance, change of flexural strength (%), EN 12371	-6.90* (-30.72–10.39)
Compressive strength (MPa), EN 1926	31 (18–51)
Frost resistance, change of compression strength (%), EN 12371	-6.13* (-27.40–19.70)
Abrasion resistance (mm), EN 14157	40 (31–49)
Skid resistance, EN 14231	53.15 (49.73–56.32) (dry), 39.76 (25.22–48.18) (wet)
Breaking load at dowel hole (N), EN 13364	1845.5 (1100–3800)
Chemical resistance	Dissolves only to 10 M sodium hydroxide (NaOH)
Thermal conductivity (W/mK), TPS method	7.63 (4.98–9.85)
Thermal diffusivity (mm <sup>2</sup> /s), TPS method	1.93 (1.15–4.43)
Specific heat (MJ/m <sup>3</sup> K), TPS method	4.34 (2.50–7.68)
Specific heat capacity (J/gK)	1.49 (0.86–2.64)

\*48 freeze/thaw cycles

10 M sodium hydroxide (NaOH). According to Leinonen (2015), soapstone don't react to sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), nitric acid (HNO<sub>3</sub>), hydrochloric acid (HCl), or acetic acid (CH<sub>3</sub>COOH). These properties imply that soapstone is weather resistant in urban environment even if used outdoors<sup>1</sup> (Leinonen 2015).

### 3.2 Thermal properties

The most important thermal properties of soapstones: thermal conductivity (Fig. 4), thermal diffusivity, specific heat, and specific heat capacity are higher than those of most other rock types, and even surpasses those of fire bricks. These properties, together with the high density, make soapstone an especially suitable material for fireplaces.

<sup>1</sup> Furthermore, a low Fe content in carbonates is important in order to prevent colour changes in soapstones while using them in façades (Leinonen 2013a).

The thermal conductivity<sup>2</sup> of schistose soapstones is approx. 10 % higher along the schistosity than perpendicularly against it at all temperatures. The conductivity is defined by the mineral composition and the structure of the rock. The anisotropy of the thermal conductivity along the schistosity increases with the intensity of the textural anisotropy of the rock sample. In some soapstone types, the thermal conductivity is better developed with a higher content of coarse talc, and in other samples it increases with an increasing content of coarse carbonate. In general, soapstones containing carbonate seem to have a higher thermal conductivity than soapstones containing serpentine.

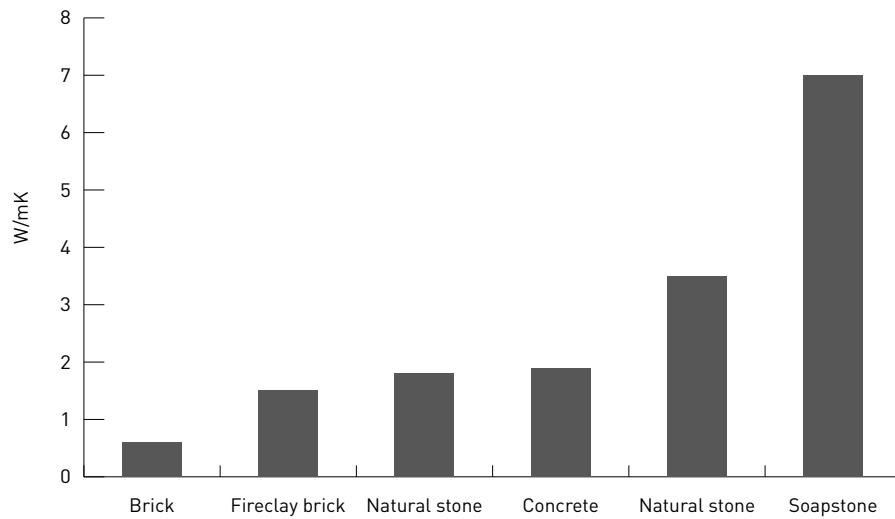
The thermal diffusivity<sup>3</sup> of soapstone decreases approx. 50 % in the temperature range 22–500

<sup>2</sup> Thermal conductivity is the property of a material to conduct heat.

<sup>3</sup> Thermal diffusivity refers to transfer of heat by lattice or molecule vibrations.



## Thermal conductivity



**Figure 4.** Thermal conductivity of materials. The two values for other natural stones than soapstone indicate range. Modified from Leinonen (2015).

**Kuva 4.** Eri materiaalien lämmönjohtavuusarvoja. Muiden luonnonkivien kuin vuolukiven kaksi arvoa ilmaisevat vaihteluväliä. Materiaalit vasemmalta: tiili, tulitiili, luonnonkivi, betoni, luonnonkivi ja vuolukivi. Leinosta (2015) mukailten.

°C due to expansion and increase of porosity in the soapstone. The diffusivity is lower along the schistosity than against it at all measured temperatures. The orientation of the schistosity has a larger impact on the magnitude of the diffusivity than the texture of the rock.

The specific heat capacity<sup>4</sup> of soapstone is in average 40 % higher at the temperature of 500 °C than at room temperature. The specific heat<sup>5</sup> of soapstone increases approx. 22 % in the temperature range 22–500 °C due to expansion of the rock material. The specific heat is higher along the schistosity at all measured temperatures, but the relative difference between the values measured along and against the schistosity decreases with increasing temperature.

The correlation between the thermal properties and the schistosity can be utilized in construction of fireplaces by using tiles cut perpendicularly

against the schistosity for the fire chamber, and tiles with a cut parallel to the schistosity in other parts of the fireplace (Leinonen 2015).

With increasing temperatures, mineral changes occur in soapstone. At temperatures over 600 °C, a 1–1.5 cm thick talc-MgO coating (“periclase”) is formed in soapstone tiles in the fire chamber. The hard and durable periclase surface tolerates years of use and at the same time “protects” the rest of the tile from becoming as hot as the talc-MgO surface. The temperature in the rest of the tile remains under 600 °C, and the composition and the properties stay unchanged.

The expansion (elongation) of soapstone in response to heat (thermal expansion) along schistosity is linear up to the temperature of approx. 800 °C. The soapstone contracts at a temperature of approx. 950 °C and expands again at the temperature of approx. 1050 °C. Contraction commences again at a temperature of approx. 1100 °C and continues until the start of melting at a temperature of approx. 1400 °C. There is no exact melting point for soapstone; the

<sup>4</sup> Specific heat capacity refers to thermal energy embodied into material per temperature difference and mass.

<sup>5</sup> Specific heat is the amount of heat required for a single unit of mass of a substance to be raised by one degree of temperature.

**Table 4.** Thermal reaction of minerals in soapstone with temperature rise from 22 °C to 1480 °C. Modified from Leinonen (2013a).**Taulukko 4.** Termisiä reaktioita vuolukivissä lämpötilan kasvaessa 22 °C ->1480 °C. Leinosta (2013a) mukailleen.

620 °C	Magnesite	$MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$ , chlorite + $H_2O$
690 °C	>periclase	MgO (periclase)
900 °C	Talc	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2 \rightarrow Mg_3Si_4O_{10} + H_2O$
980 °C	>enstatite	MgSiO <sub>3</sub> (enstatite)
1140 °C	1380 °C	Melting reactions

melting reactions starts at 1100–1200 °C and the material is molten at 1320–1450 °C. Thermal reactions of minerals are shown in Table 4.

#### 4 CURRENT APPLICATIONS FOR SOAPSTONES

Today, soapstone is mainly used due its heat storing capacity for manufacturing fireplaces. Soapstone is applied, e.g. for all the structural elements in heat retaining fireplaces as well as for ovens, baking ovens, cook stoves, stove claddings, sauna heaters, and grills.

Soapstone is also used as building stone, e.g. for floors and other interior designs, and façades of buildings.

Furthermore, soapstone is applied for wide range of art, operating, and small objects along with outer shells of loudspeakers.

The geotechnical properties define the suitability of different soapstone types for different applications (Leinonen 2013a) (Table 5).

Finland is a world market leader in soapstone products. Today, approx. one third of the Finnish stone industry's sales consists of soapstone. Soapstone production in 2017 amounted to approx. 300 000 tonnes and soapstone products were prepared to the amount of 13 000 tonnes. The leading companies are NunnaUuni Oy and Tulikivi Oyj (App. 1). For historical aspects of soapstone industry in Finland, see App. 2.

For current usage areas for soapstone, see App. 3.

#### 5 FINNISH SOAPSTONE FORMATIONS

There are over one hundred verified soapstone occurrences in Finland (e.g. Vesasalo 1965), of which many have been quarried for local use. The best-known soapstone formations are located in the regions of North Karelia and Kainuu (Fig. 5). The main soapstone deposit in Finland is situated in North Karelia in *Nunnanlahti* in Juuka while the Kainuu deposits are located in *Suomussalmi* and *Kuhmo* (Fig. 5). Soapstone is also quarried in *Polvijärvi* and *Savonranta* (Fig. 5).

##### 5.1 Geological setting

Soapstones are low to medium-grade metamorphic rocks, formed through complex metamorphic and carbonatization processes (Pirinen 2006, Leinonen 2013a, Leinonen 2013b, Leinonen 2013c, Leinonen 2014, Huhta et al. 2016, Selonen 2017). In Finland, the main source material for soapstone (i.e. the original rock types) include olivine rich lavas (komatiites) or ultramafic rock types associated with ophiolites (Leinonen 2013b, Leinonen 2013c, Leinonen 2014, Huhta et al. 2016).

Soapstones are found mainly in two geological environments in eastern Finland: Archean greenstone belts and Proterozoic ophiolite complexes (Fig. 5). The greenstone belts are reaching from Ilomantsi in the south to Suomussalmi in the north (Fig. 5), and are composed of highly tectonised metavolcanic rocks and sediments of volcanic origin (Sorjonen-Ward & Luukkonen 2005, Huhma et al. 2012). The

**Table 5.** Quality criteria of soapstone in various applications. According to Leinonen (2013a).**Taulukko 5.** Vuolukiven valintakriteerit. Leinosen (2013a) mukaan.

Application	Quality criteria
Indoor floors and stairs	High strength, non-cleavable soapstones of all compositions according to prEN 12670
Floors of wet interiors	All soapstones of talc-carbonate-chlorite ± serpentine compositions
Façades	High strength, non-cleavable soapstones of all compositions according to prEN 12670
Outdoor stairs	High strength, non-cleavable soapstones all compositions according to prEN 12670
Environmental stone	All soapstones of compositions according to prEN 12670
Fireplace structures	All soapstones of compositions according to prEN 12670
Fire chambers	High strength, massive / weakly schistose soapstones of talc>magnesite composition with ± chlorite <15 %, ± dolomite <5 %, serpentine <20 %

Proterozoic discontinuous Outokumpu-Jormua ophiolite complex (Fig. 5) comprise several types of mantle derived ultramafic rocks among different types of metasediments (Kontinen 1987, Peltonen 2005, Säntti et al. 2006). The present exposure of the complex is a result of a series of thrust sheets tectonically imbricated within the sediments (Säntti et al. 2006).

## 5.2 Nunnanlahti soapstone

The Nunnanlahti soapstone is a part of the Archaean Nunnanlahti greenstone belt in North Karelia (Kohonen et al. 1989, Sorjonen-Ward 1997, Sorjonen-Ward & Luukkonen 2005, Pekkarinen et al. 2006) (Fig. 5). The approx. 15 km long and 2–3 km wide, NW–SE trending Nunnanlahti greenstone belt is composed of pillowed tholeiitic basalts, felsic volcanic rocks, and ultramafic rocks (e.g. soapstones and serpentinites). The ultramafic rocks appear as 50 to 250 m wide (rarely 700 m) lens-shaped bodies (Huhta et al. 2016). The greenstone belt has been intensively deformed (Kohonen et al. 1991, Sorjonen-Ward 1997). The exact age of the soapstone formations has not been confirmed.

Commercial designations of the carbonate soapstone in Nunnanlahti are *Mammutti Soapstone* and *Tulikivi Classic*.

The Nunnanlahti soapstone is fine-grained and light grey or bluish grey (Fig. 6A). The stone contains light-coloured clusters of carbonate and greenish chlorite veins. The main minerals are talc and magnesite. In addition, there is chlorite and oxide, occasionally sulphide, serpentine, and dolomite.

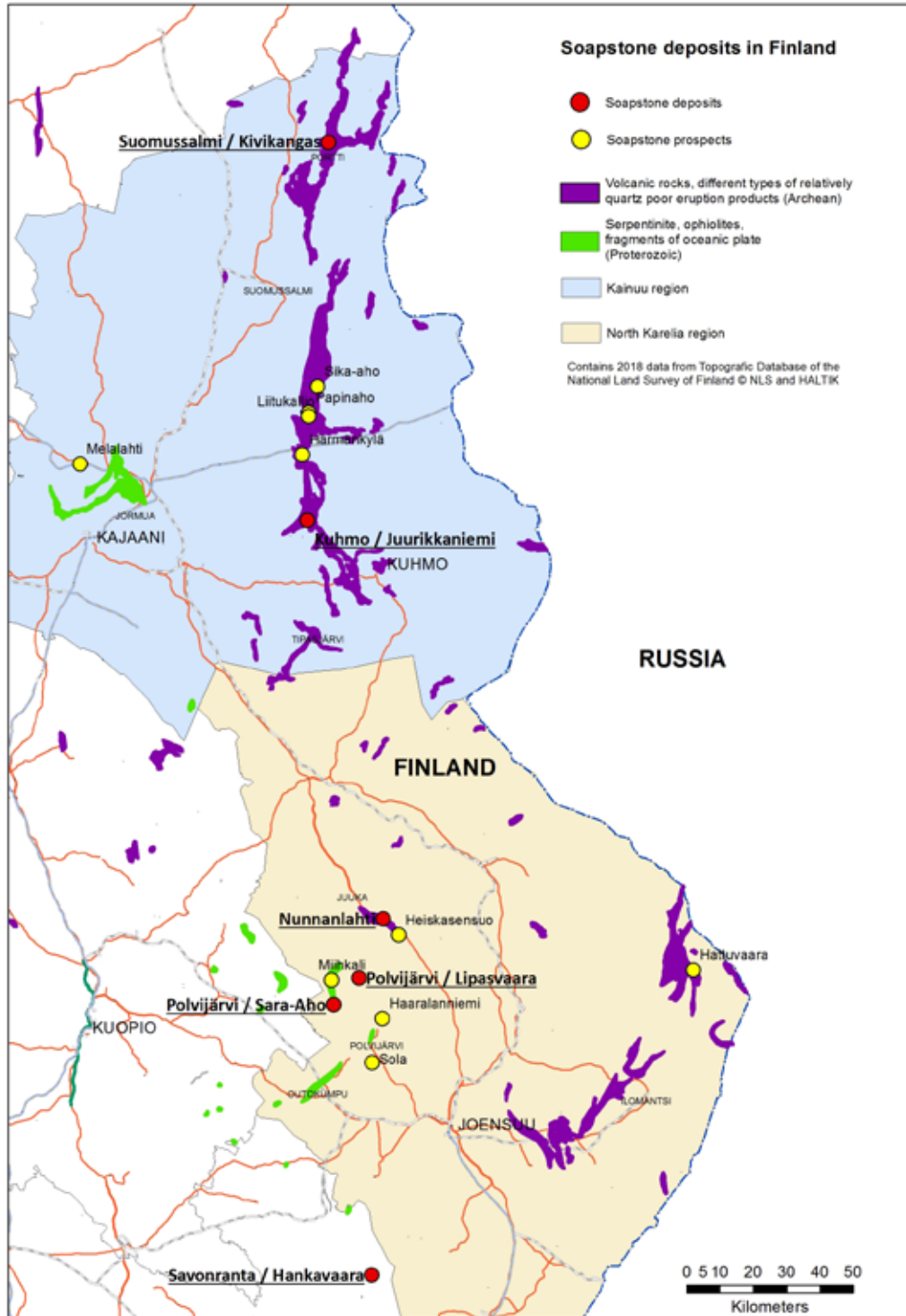
Nunnanlahti is the main production area for soapstone in Finland with presently six licenced areas for quarrying (Fig. 7). The current excavations started in 1980.

The Nunnanlahti soapstone can be used in all sorts of applications for soapstone. The colour variation of the stone is moderate, the weather resistance good, and the wear resistance moderate.

The soapstone of Nunnanlahti is used as raw material by the companies NunnaUuni Oy and Tulikivi Oyj.

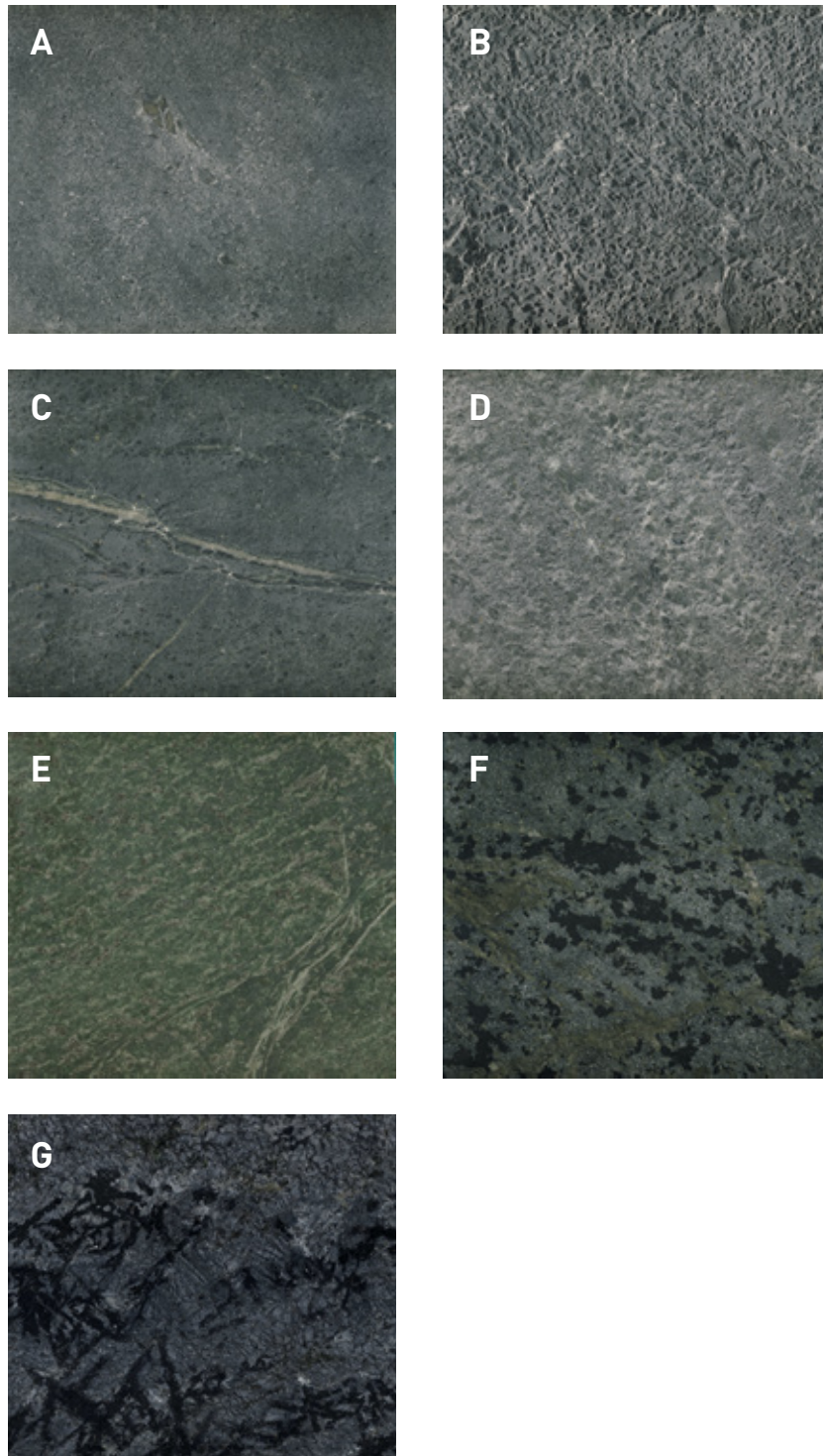
## 5.3 Kuhmo soapstone

The Kuhmo soapstone is located in the Kuhmo greenstone belt, in the southern parts of the Tipasjärvi-Kuhmo-Suomussalmi greenstone complex (Papunen et al. 2009, Maier et al. 2013) (Fig. 5). The Kuhmo greenstone belt is the largest of the greenstone belts in eastern Finland, covering at



**Figure 5.** Geological setting of soapstone in eastern Finland. Soapstone deposits (= areas with current quarry permits) are indicated with red circles and a selection of soapstone prospects with yellow circles. Source: Bedrock of Finland - DigiKP. Digital map database. Geological Survey of Finland. Compiled by H. Pirinen.

**Kuva 5.** Vuolukiven geologinen ympäristö Itä-Suomessa. Vihreäkiviäyöhykkeet on merkitty violetilla värillä ja ofioliitti-kompleksit vihreällä värillä. Vuolukiviesiintymät, joilla on voimassa olevat louhintaluvat, on merkitty punaisilla ympyröillä, ja valikoima potentiaalisia vuolukiviaiheita keltaisilla ympyröillä. Lähde: Suomen kallioperä - DigiKP. Digitaalinen karttatietokanta. Geologian tutkimuskeskus. Koostanut H. Pirinen.



**Figure 6.** Current soapstone qualities. A. Nunnanlahti. B. Kuhmo. C. *Tulikivi Blue*. D. *Tulikivi Sky*. E. *Tulikivi Green*. F. *Leopard Stone*. G. *Polarstone*. Surface treatments for soapstones can include splitting, bush hammering, water blasting, brushing, honing, and polishing. Source: Geological Survey of Finland.

**Kuva 6.** Nykyisiä vuolukivilaatuja. A. Nunnanlahti. B. Kuhmo. C. *Tulikivi Blue*. D. *Tulikivi Sky*. E. *Tulikivi Green*. F. *Leopardi Kivi*. G. *Polarstone*. Vuolukiven pintakäsittelyvaihtoehtoja voivat olla lohkominen, ristipähäkkäus, vesipuhallus, timanttiharjaus, hiominen ja kiiltobiominen. Lähde: Geologian tutkimuskeskus.



**Figure 7.** Quarrying of soapstone. Soapstone is quarried by sawing a horizontal and a vertical cut to form a ledge. The soapstone blocks are removed from the ledge with a wheel loader. Photo: Esko Koistinen.

**Kuva 7.** Vuolukiven louhintaa. Vuolukiven louhinnassa kallioon leikataan sekä pysty- että vaakasuoraan ketjusahan terän levyiset raot, jolloin saadaan irrotetuksi koko louhimon levyinen letka. Kivilohkareet irrotetaan letkasta pyöräkuormaajalla. Kuva: Esko Koistinen.

its maximum an area of 10 km in width and 100 km in length. The belt is characterized by ca 2.85–2.79 Ga old Fe-rich tholelitic basalts, tholelitic layered veins, komatiitic olivine cumulates and lavas as well as Cr and Mg-rich tholelitic basalts (Sorjonen-Ward & Luukkonen 2005). Soapstones are metamorphic alteration products of the komatiitic olivine cumulates and occur as N–S elongated bodies within the greenstone belt.

The Kuhmo carbonate-chlorite soapstone (previously designated as *Kivia Blue*) is commercially defined as an equigranular, bluish grey, even-grained, and non-foliated stone (Fig. 6B). The main minerals are talc, magnesite, and chlorite with smaller amounts of oxide, serpentine, and dolomite.

There is one licenced quarry area (established in 2005) for soapstone quarrying in Kuhmo.

The Kuhmo soapstone can be used in all sorts of applications for soapstone. The colour variation of the stone is low, the weather resistance is good, and the wear resistance is moderate.

The soapstone of Kuhmo is produced by the company Tulikivi Oyj.

#### 5.4 Suomussalmi soapstones

The Suomussalmi soapstones are situated in the Suomussalmi greenstone belt (ca 2.95–2.82 Ga), which forms the northern segment of the Tipasjärvi-Kuhmo-Suomussalmi greenstone complex (Papunen et al. 2009, Maier et al. 2013) (Fig. 5). At the

base are felsic and mafic volcanic and felsic and intermediate pyroclastic rocks of the Luoma Formation. The boundary between the Luoma and the overlying Saarikylä tholeiites, basalts, komatiites, felsic volcanics and black schists is represented by a mylonite zone. Soapstones, metamorphic derivatives of komatiites, occur as separate parallel N–S lenticular bodies inside the greenstone belt.

Two commercial qualities of soapstone are produced in Suomussalmi. In the carbonate chlorite soapstone *Tulikivi Blue*, the bluish background of the stone is enlivened by a streaked pattern of dark lines, while in the light grey *Tulikivi Sky* (oxide carbonate soapstone) whitish cloud patterns appear (Figs 6C and 6D). The main minerals in the *Tulikivi Blue* are talc, magnesite, and chlorite whereas the main minerals in the *Tulikivi Sky* are talc, magnesite, and oxide.

The *Tulikivi Blue* is suited for fireplaces as well as for façades, interior design, and small objects. The colour variations of the stone are moderate, weather resistance good, and wear resistance moderate. The *Tulikivi Blue* has been quarried from one quarry since 1999.

The *Tulikivi Sky* is suitable for fireplaces, façades, and interior design as well as for small objects. The colour variation of the stone is moderate, weather resistance good, and wear resistance is moderate. The stone is extracted from one quarry where the quarrying started in 1999.

The soapstones of Suomussalmi are produced by the company Tulikivi Oyj.

## 5.5 Polvijärvi soapstones

The Polvijärvi soapstones occur in the northern parts of the 1.95 Ga old Outokumpu ophiolite complex (Fig. 5) in “serpentinite massifs” as conform lenses (Peltonen 2005). In the massifs, the serpentinites occur in the middle but are metasomatically altered into soapstones (talc-magnesite ± dolomite rocks) at the margins (Pekkarinen et al. 2006, Säntti et al. 2006). The serpentinite is mainly a dark green antigorite bearing rock (Pekkarinen et al. 2006).

Two commercially used rock types are found in the Polvijärvi area. The serpentinite is called *Tulikivi Green* (prev. also *Lappia Serpentine*), whereas the serpentine bearing carbonate chlorite soapstone is called *Leopard Stone*. The main minerals in the *Tulikivi Green* are serpentine, talc, and carbonate. The main minerals in the *Leopard Stone* are talc, magnesite, serpentine, and chlorite.

The basic colour of the *Tulikivi Green* is green with light and grey veins of carbonate (Fig. 6E). The *Leopard Stone*'s light grey base colour is enlivened by the dark, almost black spots of serpentine and veins of carbonate (Fig. 6F).

The *Tulikivi Green* has been quarried from one quarry since 1988 whereas the current production of the *Leopard Stone* was started in 2003. There is one quarry.

The *Tulikivi Green* is suitable for interior design and façades. The colour variation in the stone is moderate, weather resistance moderate, and wear resistance moderate. The *Leopard Stone* is suited for production of fireplaces and for interior design.

The *Tulikivi Green* is produced by the company Tulikivi Oyj and the *Leopard Stone* by Lappi-Uuni Oy.

## 5.6 Savonranta soapstone

The Savonranta soapstone is found in the southern parts of the 1.95 Ga Outokumpu-Savonranta ophiolite complex (Fig. 5). The soapstones are enstatite-olivine metaperidotites where the olivine

is completely altered to lizardite (serpentine) and the enstatite to flaky talc (Säntti et al. 2006). The folded and elongated soapstone bodies in Savonranta are surrounded by mica gneisses (Kärki et al. 2013). At the contacts, a typical black wall composed of chlorite and biotite can be found.

Commercially, the Savonranta soapstone is called *Polarstone*, defined as a grey or greenish grey serpentine soapstone with dark stripes and spots (Fig. 6G). The main minerals are serpentine, talc, and oxide.

The Savonranta soapstone is suited for production of fireplaces, gravestones, and for interior design. Soapstone has been extracted in the area from the beginning of the 1990's, and by the current producer, the company Polarstone Oy, since the year 2004 in one quarry.

## 6 VULNERABILITY AND MAINTENANCE OF SUPPLY

### 6.1 Exploration methods

The exploration process of soapstone resembles that of metallic ores or industrial minerals (Selonen & Heldal 2003, Pirinen & Shekhov 2005, Leinonen 2013b, Leinonen 2013c, Luodes 2015).

The first step is to carry out a proper outcrop mapping in selected target areas. Soapstone is soft, easily weathered, and often hidden beneath a substantial soil cover. When outcrops have been identified, a rough estimation of the area of the soapstone prospect through the soil cover can be made with percussion drilling, which is a simple sampling method, giving small samples from the surface of the rock (Fig. 8).

It is also possible to use geophysical methods for estimating the shape of the prospect. Both soapstone and in its indicator rock serpentinite usually contains some magnetite. This gives us a possibility to measure the soapstone body's magnetic field, which is usually higher than that of the surrounding country rock.



**Figure 8.** A. Sampling by percussion drilling. B. Soapstone sample taken by percussion drilling. Diameter of the lens cover is 0.5 dm. Photos: Heikki Pirinen.

**Kuva 8.** A. Näytteenottoa iskuporalla. B. Iskuporan tuottama vuolukivinäyte. Linssinsuojan läpimitta 0,5 dm. Kuvat: Heikki Pirinen.

Results from the percussion drilling and the geophysical measurements can be combined while planning a diamond core drilling program, which is the final phase of the exploration process. The properly executed drilling project gives reliable information on the shape and volume of the soapstone prospect, and more importantly, knowledge about fracturing, colour and possible country rock inclusions inside the soapstone body. Typically, a small 50 m x 200 m sized prospect requires 100–200 m of diamond drilling in the reconnaissance phase and an additional 500 m of drilling in the target phase.

## 6.2 Future potential for developing the soapstone industry in Finland

The natural stone potential of the soapstone occurrences in eastern Finland has been defined within several projects financed by private companies, by regional and local authorities, and by

the Geological Survey of Finland (e.g. Leinonen et al. 2008). Studies have been carried out as regional investigations along the greenstone belts and ophiolite complexes, and as site investigations on individual prospects with methods described above.

The results show that the future potential of soapstone is good. The most promising areas are situated along the vast Kuhmo-Suomussalmi greenstone complex where several carbonate soapstone prospects have been identified. They include, e.g. Härmänkylä, Liitukallio, Sika-aho, and Papinaho in the Kuhmo belt (Fig. 5), whereas the areas to the south of the Portti soapstone in the Suomussalmi belt include several prospects with a good potential for development (Fig. 5). Continuations of the prospects are also highly interesting.

The existing reserves in the quarries of the Nunnanlahti greenstone belt are good. Furthermore, prospects are identified there (e.g. Heiskasensuo)



(Fig. 5). Also, in the Ilomantsi greenstone belt prospects have been found, e.g. in Hattuvaara (Fig. 5), containing bluish carbonate soapstones.

The Outokumpu ophiolite complex includes several interesting prospects both for soapstone and green serpentinite (e.g. in Haaralanniemi, Miihkali, Lipasvaara, and Sola) (Fig. 5). The Jormua ophiolite complex and the vicinity of it includes several talc and soapstone prospects (e.g. Melalahti) (Fig. 5).

## 7 CONCLUDING REMARKS

Soapstone is a metamorphic rock that can be easily carved because of its softness. It has been prepared in Finland since the Stone Age for a vast variety of products, from utility and art objects to architectural design, industrial solutions, and fireplaces. Today, soapstone is manufactured mainly for its outstanding heat storage characteristics for fireplaces. It is also well-suited for interior solutions and as façade material in buildings.

Finland is known for over a one hundred verified soapstone occurrences. The best-known soapstone formations are located in North Karelia and in Kainuu in eastern Finland. Finland is a world market leader in soapstone products. The potential of soapstone for future quarrying is good.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Prof. Carl Ehlers (Geology and Mineralogy, Department of natural sciences, Åbo Akademi University) critically commented on the manuscript. Geologists Paavo Härmä (Geological Survey of Finland) and Andrey Ivanov (Section of Raw Mineral Materials, Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences), and research assistant Markku Laaksonen (Geological Survey of Finland) gave technical assistance during making the report. Their contributions are highly appreciated.

We would like to thank the Finnish Natural Stone Association for the possibility to publish this report.

## REFERENCES

- Heldal, T. & Selonen, O. 2003.** History and heritage. In: Selonen, O. & Suominen, V. (eds.) Nordic Stone. Geological Science series. UNESCO publishing. Paris, France. 13–18.
- Huhma, H., Mänttari, I., Peltonen, P., Kontinen, A., Halkoaho, T., Hanski, E., Hokkanen, T., Hölttä, P., Juopperi, H., Konnunaho, J., Layaha, Y., Luukkonen, E., Pietikäinen, K., Pulkkinen, A., Sorjonen-Ward, P., Vaasjoki, M. & Whitehouse, M. 2012.** The age of the Archaean greenstone belts in Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 54, 74–175.
- Huhta, A., Kärki, A. & Hanski, E. 2016.** A new method for testing thermal shock resistance properties of soapstone – Effects of microstructures and mineralogical variables. Bulletin of the Geological Society of Finland 88, 21–46, <http://dx.doi.org/10.17741/bgsf/88.1.002>
- Kärki, A., Leinonen, S. & Uusitalo, J. 2008.** Soapstones – how should they be defined. International Abstract. Paper presented at the 33rd International Geological Congress (33IGC), Oslo, Norway, 6–14 August, 2008.
- Kärki, A., Havela, T., Huhta, A., Jokinen, J.U.S. & Pohjola, S. 2013.** VUKE II-tutkimuskonsortio. Vuolukiven kestävä käyttö, Osa II, Vuolukiven materiaaliominaisuudet, Loppuraportti, Tekes – the Finnish Funding Agency for Innovation. 34–140. (in Finnish).
- Kohonen, J. J., Tuukki, P. A. & Vuollo, J. I. 1989.** Nunnanlahden-Kuhnustan-Ahmoavaaran alueen geologia. Pohjois-Karjalan malmiprojekti. Raportti 23. University of Oulu. Oulu, Finland. 132 p. (in Finnish).
- Kohonen, J., Luukkonen, E. & Sorjonen-Ward, P. 1991.** Nunnanlahti and Holimäki shear zones in North Karelia : evidence for major early Proterozoic ductile deformation of Archean basement and further discussion of regional kinematic evolution. Geological Survey of Finland, Special Paper, 12. 11–16.
- Kontinen, A. 1987.** An early Proterozoic ophiolite – the Jormua mafic-ultramafic complex, northeastern Finland. Precambrian Research 35, 313–341.
- Koskinen, P. 1982.** Vuolukiven tulenkestävyyssominaisuudet. Master's thesis. Helsinki University of Technology, department of chemistry. Espoo, Finland. 99 p. (in Finnish).

- Kotivuori, S. 1981.** Juuan Nunnanlahden vuolukiviyöstä ja kyläelämästä. Juuka-seura ry. Turun yliopiston kansatieteen laitoksen toimituksia 7. Turku, Finland. 193 p. (in Finnish).
- Kotivuori, S. 1993.** A century of soapstone. In: Kotivuori, S. (ed.) Vuosisata vuolukiveä 1893–1993. A century of soapstone 1893–1993. Juuka-seura ry. Juuka, Finland. 59–62.
- Leinonen, 2013a.** Vuolukivilajien ominaisuudet ja luokitusmenetelmät, VUOLU 2010–2012, loppuraportti. Geological Survey of Finland. Report. Kuopio, Finland. 108 p. (in Finnish).
- Leinonen, S. 2013b.** Exploration for Soapstone Occurrences: Use of Bulk Chemical Analyses to Select Potential Formation Areas. Key Engineering Materials 04/2013, 548, 10–19.
- Leinonen, S. 2013c.** P-T-X<sub>CO<sub>2</sub></sub> pseudosection modeling of talc-magnesite soapstone. In: Weisenberger, T. & Junttila, H. (eds.) Program and Abstracts of the 9th National Geological Colloquium Oulu, 6<sup>th</sup>–8<sup>th</sup> March 2013. Res Terrae, Ser. A, No 34, 31.
- Leinonen, S. 2014.** Soapstone, an amazing rock – Part I: Basic properties and geology. Diamante A&T, Issue 79, December 2014, 12–16.
- Leinonen, S. 2015.** Soapstone – for something different, Part II: Technical properties. Diamante A&T, Issue 80, March 2015, 46–52.
- Leinonen, S., Luodes, H., Härmä, P. & Vartiainen, R. 2008.** Luonnonkivivarojen kartoitus, 290 3001. Loppuraportti. Geological Survey of Finland. Project report. Kuopio, Finland. 11 p. (in Finnish).
- Lehtinen, M. & Lehtinen, J.I. 2008.** Helsingin kaupunkikiviopas. Karttakeskus. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä, Finland. 112 p. (in Finnish).
- Luodes, H. 2015.** Ground penetrating radar and assessment of natural stone. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 223. Espoo, Finland. 46 p.
- Maier, W.D., Peltonen, P., Halkoaho, T. & Hanski, E. 2013.** Geochemistry of komatiites from the Tipasjärvi, Kuhmo, Suomussalmi, Ilomantsi and Tulppio greenstone belts, Finland: Implications for tectonic setting and Ni sulphide prospectivity. Precambrian Research 228, 63–84.
- Muinonen, M. & Paajanen, I. 2014.** Stone Town Guide Helsinki. ENPI Report. 35 p. [http://projects.gtk.fi/export/sites/projects/ENPI/results/documents/helsinki\\_town\\_guide.pdf](http://projects.gtk.fi/export/sites/projects/ENPI/results/documents/helsinki_town_guide.pdf) [1.4.2018]
- Papunen, H., Halkoaho, T. & Luukkonen, E. 2009.** Archaean evolution of the Tipasjärvi-Kuhmo-Suomussalmi Greenstone Complex, Finland. Bulletin of the Geological Survey of Finland 403. Espoo, Finland. 68 p.
- Pekkarinen, L.J., Kohonen, J., Vuollo, J. & Äikäs, O. 2006.** Kolin kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Koli map-sheet area. Geological map of Finland 1 : 100 000, Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks, sheet 4313 Koli. Geological Survey of Finland. Espoo, Finland. 116 p. (in Finnish with an English summary).
- Peltonen, P. 2005.** Ophiolites. In: Lehtinen, M., Nurmi, P.A. & Rämö, O.T. (eds.) Precambrian Geology of Finland – Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield. Elsevier B.V. Amsterdam, Netherlands. 237–278.
- Pirinen, H. 2006.** Soapstone in Eastern Finland. Bulletin of the Geological Society of Finland, Special Issue 1, 124.
- Pirinen, H. & Shekhov, V. A. 2005.** Tal’kovyj kamen’ – serdce horosego kamina (Soapstone – the heart of a good fireplace). Kamen & Biznes (1), 14–15. (in Russian).
- Pirinen, H., Leinonen, S. & Romu, I. 2013.** Comparison of standardized thermal shock tests used to measure expansion-contraction in soapstone. In: Jonsson et al. (eds.) 12<sup>th</sup> Biennial SGA Meeting 2013. 12–15 August 2013, Uppsala, Sweden. Mineral deposits research for a high-tech world. Proceedings. Volume 4, 1825–1828.
- Pohjola, M.A. 1984.** Sinivalkoinen kivi. Suomalaisen kiviteollisuuden vuosikymmenet. The Finnish Natural Stone Association. Uusi-kaupunki, Finland. 231 p. (In Finnish).
- Rask, M. 2001.** Rakennuskivet. In: Virkkunen, M., Partanen, S.J. & Rask, M. (eds.) Suomen kivet. Oy Edita Ab. Helsinki, Finland. 119–160. (in Finnish).
- Ringbom, S. 1987.** Stone, style and truth. The vogue for natural stone in Nordic architecture 1880–1910. Suomen muinaismuistoyhdistyksen aikakauskirja 91. Helsinki, Finland. 269 p.
- Rossi, T. 1997.** Soapstone production at Nunnanlahti. Geological Survey of Finland, Guide 42, 44–45.

- Säntti, J., Kontinen, A., Sorjonen-Ward, P., Johanson, B. & Pakkanen, L. 2006.** Metamorphism and Chromite in Serpentinized and Carbonate-Silica-Altered Peridotites of the Paleoproterozoic Outokumpu-Jormua Ophiolite Belt, eastern Finland. *International Geology Review*, 48:6, 494–546, doi: 10.2747/0020-6814.48.6.494
- Selonen, O. 2017.** Suomalaiset luonnonkivimateriaalit. Tekninen tiedote nro 2. Third edition. The Finnish Natural Stone Association. Helsinki, Finland. 26 p. (in Finnish). [http://www.suomalainenkivi.fi/wp-content/uploads/2017/02/materiaaliopas2017\\_www.pdf](http://www.suomalainenkivi.fi/wp-content/uploads/2017/02/materiaaliopas2017_www.pdf) [1.4.2018]
- Selonen, O. & Heldal, T. 2003.** Technologies. In: Selonen, O. & Suominen, V. (eds.) *Nordic Stone*. Geological Science series. UNESCO publishing, Paris, France. 42–50.
- Siegesmund, S. & Sneathlake, R. (eds.) 2014.** *Stone in architecture. Properties, durability*. 5<sup>th</sup> edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 550 p.
- Sorjonen-Ward, P. 1997.** Geological setting of the Nunnanlahti soapstone deposits. *Geological Survey of Finland, Guide 42*, 43–44.
- Sorjonen-Ward, P. & Luukkonen, E. 2005.** Archean rocks. In: Lehtinen, M., Nurmi, P.A. & Rämö, O.T. (eds.) *Precambrian Geology of Finland – Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield*. Elsevier B.V. Amsterdam, Netherlands. 19–99.
- Sourander, I. 1945.** Täljstensindustrin i Finland. Några anteckningar. Geological Survey of Finland. Archive File N:o 990. Helsinki, Finland. 59 p. (in Swedish).
- Tiira, S. 1986.** Vuolukivi rakennuskivenä. Suomen Vuolukivi Oy. Joensuu, Finland. 124 p. (in Finnish).
- Vauhkonen, R. 1993.** Suomen vuolukiviteollisuus. In: Kotivuori, S. (ed.) *Vuosisata vuolukiveä 1893–1993. A century of soapstone 1893–1993*. Juuka-seura ry. Juuka, Finland. 43–56. (in Finnish).
- Vesasalo, A. 1965.** Talc schists and soapstone occurrences of Finland. *Geologinen tutkimuslaitos. Bulletin de la Commission Géologique de Finlande* 216. Espoo, Finland. 75 p.
- Vuorjoki, K. 2003.** *Kivimatka*. Sarmala Oy, Rakennusalan Kustantajat RAK. Helsinki, Finland. 212 p. (in Finnish).

## YHTEENVETO: VUOLUKIVEN TUOTANTO ITÄ-SUOMESSA

### Johdanto

Itä-Suomessa esiintyy helposti muotoiltavaa pehmeää vuolukiveä, jolla on erittäin hyvä lämmönvarastointikyky. Sen vuoksi sitä käytetään rakennusmateriaalina tulisijoissa kuten takoissa, uuneissa ja kamiinoissa. Siitä valmistetaan myös käyttöesineitä. Vuolukiven käytöllä on Itä-Suomessa vuosituhantiset perinteet.

Tässä raportissa kerromme Suomessa esiintyvien vuolukivien geologiasta ja nykyisestä käytöstä. Lisäksi raportissa on laaja kirjallisuusluettelo lisätiedon hankkimiseksi.

### Vuolukivi

Vuolukivi on 30–70 tilavuusprosenttia talkkia sisältävä metamorfinen kivilaji. Muita mineraaleja ovat mm. magnesiitti, dolomiitti, kloriitti, magnetiitti ja serpentiini (Taulukko 1).

Vuolukivet nimetään karbonaatti/kloriitti/oksidi-suhteen perusteella (Kuva 1). Nimeä täydennetään kovalla silikaatilla silloin, kun sen määrä on yli 5 %, esim. serpentiinipitoinen karbonaattivuolukivi. Vuolukivi saa nimensä kokonaan kovan silikaatin mukaan silloin, kun sen määrä on yli 25 %, esim. serpentiinivuolukivi. Varsinaisissa vuolukivissä kovan silikaatin määrä ei voi olla yli 50 %.

Vuolukivi on väriltään harmaata, sinertävän harmaata, kellertävää tai vihertävää. Se on pehmeää, 2–3 Mohsin kovuusasteikolla, ja siten helposti työstettävää. Pinnaltaan se on ”saippuaisen” tuntuinen.

Muita vuolukivestä ulkomailla käytettyjä nimikkeitä ovat steatiitti ja pyrofylliitti.

Vuolukiven kemiallinen koostumus esitetään Taulukossa 2. Vuolukiven tekstuureja ja rakenteita esitetään puolestaan Kuvissa 2 ja 3.

### Historiaa

Vuolukivellä on Suomessa pitkä käyttöperinne. Suomen vanhin kivikautinen taide-esine, Huitisten hirvenpää, on tehty vuolukivestä. Sen iäksi on määritetty 5170±1130 eaa. Itä-Suomessa valmistettiin pronssikaudella, n. 1500–500 eaa., vuolukivimuottien avulla pronssikirveitä, erityisesti Suomussalmen seuduilla. Valinmuotteja vietiin myös ulkomaille, esim. Skandinaviaan ja Pohjois-Saksaan. Ensimmäiset merkinnät vuolukivisistä pehmytkiviuneista ovat peräisin 1700-luvulta Kainuusta. Siellä kovia vuolukiviä käytettiin myös myllynkivinä.

Nykyaikainen vuolukiviteollisuus sai alkunsa 1800-luvun lopulla kun Finska Täljstens Ab -yhtiö perustettiin. Perustamisajankohta on 20.5.1899, mutta yhtiöllä oli toimintaa todennäköisesti jo aiemmin (1893). Yhtiön pääkonttori sijaitsi Helsingissä ja lounas Juuan Nunnanlahdessa, josta tuli vuolukivituotannon keskuspaikka Suomessa. Keskeisenä vaikuttajana vuolukiviesiintymien hyödyntämisessä toimi valtiongeologi Benjamin Frosterus, jonka tutkimukset saivat aikaan vuolukiviteollisuuden syntymisen. Frosterus oli myös Finska Täljstens Ab:n perustajajäseniä.

Vuolukiveä hyödynnettiin mm. useissa kansallisromanttisen tyylin rakennuksissa 1900-luvun alussa (Liite 2), pääasiassa koristeellisina yksityiskohtina ja kohokuvina. Myös uuneja, monumentteja ja hautakiviä valmistettiin.

1920-luvun alussa vuolukiven lämpöominaisuudet ja kemiallinen kestävyys alkoivat kiinnostaa. Vuolukivituotannon tärkeimmäksi käyttökohdeeksi tulivat selluloosatehtaiden soodakattilauunien verhoukset. 1930-luvulla Juuassa toimi viisi yritystä vuolukivituotannon parissa. 1950-loppupuolelta alkaen vuolukiven tuotanto alkoi kuitenkin vähetä ja loppui käytännössä kokonaan 1970-luvulla.

Vuolukiviteollisuuden uusi aika koitti kun Suomen Vuolukivi Oy -nimisen yrityksen osakkeet siirtyivät Reijo Vauhkoselle vuonna 1979. Yrityksen vuolukivisten uunien valmistus alkoi Juuassa vuonna 1980. Yrityksen nimi muuttui vuonna

1993 Tulikivi Oy:ksi ja se listautui pörssiin seuraavana vuonna.

Toinen merkittävä tapahtuma uudessa vuolukiviteollisuudessa oli vuonna 1982, kun juukalainen Juhani Lehikoinen perusti Nunnanlahden Uuni Oy:n Juukaan.

1980-luvulta lähtien useita muitakin yrityksiä on toiminut vuolukivialalla, mutta Nunnanlahden Uuni Oy/NunnaUuni Oy ja Tulikivi Oyj ovat olleet selvästi johtavassa asemassa.

Nykyään lähes noin kolmasosa suomalaisen kiviteollisuuden liikevaihdosta muodostuu vuolukivestä. Vuolukiven tuotanto vuonna 2017 oli noin 300 000 tn ja vuolukivituotteita valmistettiin noin 13 000 tn. Suomalainen vuolukiviteollisuus on maailman markkinajohtaja vuolukivituotteissa.

## Vuolukivien geoteknisiä ominaisuuksia

Seppo Leinonen on viimeaikaisessa tutkimuksessaan käsitellyt laajasti suomalaisten vuolukivien geoteknisiä ominaisuuksia Geologian tutkimuskeskuksen ns. VUOLU-hankkeessa (katso kirjallisuusluettelo). Tämän luvun tiedot perustuvat pääosin hänen tutkimustuloksiinsa. Vuolukivien tärkeimmät geotekniset ominaisuudet on koottu Taulukkoon 3.

### *Materiaaliominaisuuksia*

Vuolukiven laskennallinen kovuus (2,5 Mohs) kertoo pehmeästä kivilajista verrattuna muihin kivilajeihin, esim. graniittiin (6 Mohs) ja marmorisiin (3 Mohs). Vuolukiven vedenimukyky (0,17 %) on puolestaan osoitus hyvin tiivistä materiaalista.

Vuolukiven puristuslujuus (31 MPa) on samaa luokkaa kuin tiilivalmisteilla. Vuolukiven taivutuslujuus on noin 30 % keskimääräisestä puristuslujuudesta. Silloin kun vuolukivellä on suuri puristuslujuus, niin myös sen taivutuslujuus on suuri. Vuolukiven lujuusominaisuudet mahdollistavat sen käytön esim. rakennusten julkisivuissa sekä esim. päällystelaattoina piholla ja puutarhoissa.

Vuolukiven keskimääräinen jäädytys-sulatustestin (48 kierrosta) jälkeinen puristuslujuus on 6 % ja taivutusvetolujuus 7 % pienempi verrattuna alkutilanteeseen.

Kiven lujuuteen vaikuttavat yleensä mineraalikoostumus, raekoko, huokoisuus ja liuskeisuuden voimakkuus. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että vuolukiven lujuus ei merkittävästi näytä johtuvan mineraalikoostumuksesta. Sen sijaan lujuus korreloi rakenteellisiin piirteisiin. Pienimmät puristuslujuudet ovat vuolukivissä, joissa on suurimmat huokoisuuden arvot, voimakas liuskeisuus ja runsaasti karkeasuomuista talkkia. Massamaiset ja hyvin vähän suomuista talkkia sisältävät vuolukivet ovat lujimpia.

Tapinreiän murtolujuus vuolukivessä on keskimäärin 1845,5 (N). Se korreloi positiivisesti sekä puristus- että taivutusvetolujuuteen.

Vuolukiven keskimääräinen kulutuskestävyys (40 mm) osoittaa sen soveltuvan kulutuskestävyydeltään mm. sisätilojen lattioihin ja portaisiin. Heikko positiivinen korrelaatio näyttäisi olevan kulutuskestävyyden ja puristuslujuuden kesken, mutta ei suoraa korrelaatiota, esim. Mohsin kovuuteen.

Pinnan liukkauden EN 14231 testissä on tasaiselle lattialle (kuiva pinta) asetettu vähimmäisvaatimukseksi mittausarvo 36. Vuolukivelle mitatut kitkaisuuden arvot ovat 1,5 x vaatimustasoa paremmat. Kylpyhuoneissa märillä pinnoilla liukkaiksi pinnoiksi luokitellaan  $ka < 25$  lukuarvot. Talkki-karbonaattivuolukivet luokituvat märkinäkin pienen liukastumisriskin materiaaleihin. Kastellut serpentiinivuolukivet määrittyvät jossain määrin liukkaisiin materiaaleihin. Talkkia niukemmin sisältävät vuolukivet näyttävät olevan jonkin verran kitkaiempia kuin runsaasti talkkia sisältävät vuolukivet.

Magnesiittivuolukivi on kemiallisesti kestävä happamia ja emäksisiä liuoksia vastaan ja liukenee vasta väkevään natriumhydroksidiin (NaOH). Vuolukivi ei reagoi rikkihappoon ( $H_2SO_4$ ), typpihappoon ( $HNO_3$ ), suolahappoon (HCl) eikä etikkahappoon ( $CH_3COOH$ ). Vuolukivi kestää siten hyvin, vaikka sitä käytettäisiin ulkotiloissa kaupunkiolosuhteissa.

### *Lämpöominaisuuksia*

Vuolukiven tärkeimmät lämpöominaisuudet: lämmönjohtavuus (Kuva 4), lämpödiffuusio, ominaislämpö ja ominaislämpökapasiteetti, ovat parempia kuin muilla kivilajeilla. Nämät ominaisuudet yhdessä korkean tiiveyden kanssa tekevät vuolukivestä erinomaisen materiaalin tulisijoihin.

Liuskeisten vuolukivien lämmönjohtavuus<sup>1</sup> on liuskeisuuden suunnassa noin 10 % suurempi kuin liuskeisuutta vastaan kohtisuoraan kaikissa lämpötiloissa. Vuolukiven lämmönjohtavuuteen vaikuttavat sekä kiven rakenne että mineraalikoostumus. Vuolukiven liuskeisuutta vastaan mitattu lämmönjohtavuus voidaan osittain selittää liuskeisuuden voimakkuudella eli lämpö johtuu paremmin näytteen suuntaisesti kuin sen läpi. Osalla vuolukiviä lämmönjohtavuus on parempi mitä enemmän karkeaa talkkia, osalla mitä enemmän karkeaa karbonaattia on vuolukivessä. Yleisesti ottaen näyttää siltä, että karbonaattipitoisilla vuolukivillä on korkeampi lämmönjohtavuus kuin serpentiinipitoisilla vuolukivillä.

Vuolukiven lämpödiffuusio<sup>2</sup> pienenee kiven lämpölaajenemisen ja huokoisuuden lisääntymisen vaikutuksesta noin 50 % lämpötilavälillä 22–500 °C. Diffuusio on pienempi liuskeisuuden suuntaan kaikissa mitatuissa lämpötiloissa. Liuskeisuuden suunnalla on suurempi merkitys lämpödiffusion suuruuteen kuin vuolukiven tekstuurilla.

Ominaislämpökapasiteetti<sup>3</sup> on keskimäärin 40 % korkeampi 500 °C:ssa kuin huoneen lämpötilassa. Vuolukiven ominaislämpö<sup>4</sup> kasvaa noin 22 % lämpötilavälillä 22–500 °C kiven lämpölaajenemisen vaikutuksesta. Huoneenlämmössä mitattu ominaislämpö on liuskeisuuden suuntaan noin 86 % suurempi kuin liuskeisuutta vastaan, suhteellinen ero kuitenkin pienenee kohoavassa lämpötilassa.

Lämpöominaisuuksien ja liuskeisuuden välistä korrelaatiota voidaan hyödyntää tulisijojen raken-

1 Lämmönjohtavuus kuvaa miten hyvin jokin materiaali johtaa lämpöä.

2 Lämpödiffuusio kuvaa lämmön siirtymistä kidehilan tai molekyylien värähtelyn välityksellä.

3 Ominaislämpökapasiteetti kuvaa materiaaliin sitoutunut lämpöenergia lämpötilaeroa ja massaa kohti.

4 Ominaislämpö on lämpömäärä, joka tarvitaan yhden kilon ainemäärän lämpötilan nostamiseen yhdellä asteella.

tamisessa käyttämällä tulipesässä laattoja, jotka on sahattu kohtisuorasti liuskeisuutta vastaan, ja tulisijan muissa osissa laattoja, jotka on sahattu liuskeisuuden suuntaisesti.

Lämpötilan kasvaessa vuolukiven mineraalit muuttuvat. Yli 600 °C:n lämpötilassa magneesiitista muodostuu magnesiumoksidia (MgO) ("periklaasi"), mistä johtuu, että tulipesässä olevaan tulen vastaiseen vuolukivilevyyn muodostuu 1–1,5 cm paksu talkki-MgO-pinnoite. Pinta on kova ja kestävä, ja "suojaa" samalla muuta laattaa tulelta yhtä kuumaksi kuin talkki-MgO-pinta. Lämpötila laatan muussa osassa jää alle 600 °C:een, ja koostumus ja ominaisuudet pysyvät ennallaan.

Vuolukivi lämpölaajenee (venyy) liuskeisuuden suunnassa suoraviivaisesti 800 °C lämpötilaan ja kutistuu noin 950 °C lämpötilassa. Vuolukivi laajenee uudelleen noin 1050 °C lämpötilassa. Kutistuminen alkaa noin 1100 °C ja jatkuu siitä sulamisen alkuun noin 1400 °C saakka. Vuolukivillä ei ole yhtä sulamispistettä, vaan pehmeneminen tapahtuu laajalla lämpötilavälillä toisiaan seuraavina mineraalireaktioina. Keskimääräinen sulamisen lämpötila-alue on 1140–1380 °C. Sulamisreaktiot alkavat 1100–1200 °C lämpötilassa ja aines on sulaa 1320–1450 °C. Mineraalien reaktioita on esitetty Taulukossa 4.

### Vuolukiven käyttökohteita

Tänä päivänä vuolukivestä valmistetaan hyvien lämmönvarausominaisuuksiensa vuoksi ensisijassa tulisijoja kuten mm. takkoja, uuneja, leivinuuneja, helloja, kamiinoiden verhouskiviä, saunankiukaita sekä grillejä.

Vuolukiveä käytetään myös rakennuskivenä mm. lattioissa, portaissa ja muussa sisustuksessa sekä rakennusten julkisivuissa. Siitä tehdään myös monenlaisia taide-, käyttö- ja pienesineitä. Vuolukivestä valmistetaan myös kaiuttimia.

Liitteessä 3 esitetään vuolukiven nykyisiä käyttökohteita.

Seppo Leinosen mukaan geoteknisten ominaisuuksien perusteella vuolukiven valintakriteerit eri käyttökohteissa ovat:

#### *Rakennuskivi sisätiloissa*

- Lattiat ja portaat:  
Luja, lohkeamaton (kaikki prEN 12670 standardin koostumukset)
- Kosteiden tilojen lattiat:  
Kaikki talkki-karbonaatti-kloriitti ± serpentiini-koostumukset

#### *Rakennuskivi ulkotiloissa*

- Julkisivu:  
Luja, lohkeamaton (kaikki prEN 12670 standardin koostumukset)
- Portaat:  
Luja, lohkeamaton (kaikki prEN 12670 standardin koostumukset)
- Ympäristökivi:  
Kaikki prEN 12670 standardin koostumukset

#### *Tulisija*

- Rakennekivi:  
Kaikki prEN 12670 standardin koostumukset
- Tulipesäkivi:  
Luja, massainen / heikosti liuskeinen, talkki > magnesiitti -koostumus, ±kloriitti <15 %, ±dolomiitti <5 %, ±serpentiini <20 %

#### Suomalaiset vuolukiviesiintymät

Suomessa on paikannettu yli sata vuolukiveksi laskeutuvaa esiintymää, joista monesta kiveä on otettu paikalliseen käyttöön. Vuolukivimuodostumia tavataan yleisesti kahdenlaisessa geologisessa ympäristössä Itä-Suomessa: vihreäkivivyöhykkeissä ja ofoliittikomplekseissa (Kuva 5).

Suomen tunnetuimmat vuolukivet sijaitsevat Pohjois-Karjalassa ja Kainuussa. Pohjois-Karjalan ja samalla koko Suomen merkittävin vuolukivialue on Juuan Nunnanlahti (Kuva 5). Kainuun louhinta-alueet sijaitsevat puolestaan Kuhmossa ja Suomussalmella (Kuva 5). Lisäksi vuolukiveä tuotetaan Polvijärvellä ja Savonrannassa (Kuva 5).

#### *Nunnanlahden vuolukivi*

Nunnanlahden vuolukiveä tavataan Nunnanlahden vihreäkivivyöhykkeessä (Kuva 5).

Nunnanlahden karbonaattivuolukivi on pääasiassa pienirakeista ja vaaleanharmaata tai siniharmaata (Kuva 6A). Kivessä on vaaleita karbonaattikausumia ja vihertäviä kloriittijuonia. Päämineraalit ovat talkki ja magnesiitti. Lisäksi siinä on kloriittia, magnetiittia, sulfidia, serpentiiniä ja dolomiittia.

Nunnanlahden vuolukiven kaupalliset nimet ovat *Mammutti Vuolukivi* ja *Tulikivi Classic*. Kivi soveltuu kaikkiin vuolukiven käyttökohteisiin. Sen väri vaihtelu on kohtalainen, säänkestävyys hyvä ja kulutuskestävyys kohtalainen. Nunnanlahdessa on kuusi lupa-aluetta vuolukiven louhintaa varten (Kuva 7). Nykyisen louhinnan aloitusvuosi on 1980.

Nunnanlahden vuolukiven tuottajina toimivat NunnaUuni Oy ja Tulikivi Oy.

#### *Kuhmon vuolukivi*

Kuhmon vuolukivi sijaitsee Kuhmon vihreäkivivyöhykkeessä (Kuva 5).

Kuhmon karbonaatti-kloriittivuolukivi (aik. *Kivia Blue*) on sinertävän harmaa puolikiiltävä tasaraakeinen suuntautumaton kivi (Kuva 6B). Päämineraalit ovat talkki, magnesiitti ja kloriitti. Vähäisiä määriä esiintyy oksidia, serpentiiniä ja dolomiittia.

Kivi soveltuu kaikkiin vuolukiven käyttökohteisiin. Sen väri vaihtelu on vähäistä, säänkestävyys on hyvä ja kulutuskestävyys on kohtalainen. Kiven louhintapaikka Kuhmon Juurikkaniemi, jonka louhimo on perustettu vuonna 2005. Louhimoita on yksi.

Kuhmon vuolukiven tuottaja on Tulikivi Oy.

#### *Suomussalmen vuolukivet*

Suomussalmen vuolukivet esiintyvät Suomussalmen vihreäkivivyöhykkeessä (Kuva 5).

Suomussalmen sinertävässä karbonaatti-kloriittivuolukivessä (*Tulikivi Blue*) tavataan risteileviä

juovia (Kuva 6C). Päämineraalit ovat talkki, magnesiitti ja kloriitti. Kivi soveltuu tulisijoihin sekä julkisivuihin, sisustukseen ja pienesineisiin. Sen väri vaihtelu on kohtalainen, säänkestävyys hyvä ja kulutuskestävyys kohtalainen. Kiveä louhitaan Suomussalmen Kivikankaalta, jossa on yksi louhimo. Louhinnan aloitusvuosi on 1999.

Suomussalmen vaalean harmaassa oksidi-karbonaattivuolukivessä (*Tulikivi Sky*) esiintyy vaaleita pilvikuvioita (Kuva 6D). Kiven päämineraalit ovat talkki, magnesiitti ja oksidi. Se soveltuu tulisijoihin sekä julkisivuihin, sisustukseen ja pienesineisiin. Kiven väri vaihtelu on kohtalaista, säänkestävyys hyvä ja kulutuskestävyys on kohtalainen. Sitä louhitaan Suomussalmen Kivikankaalta, jossa louhinta on aloitettu vuonna 1999. Louhimoita on yksi.

Suomussalmen vuolukiven tuottaja on Tulikivi Oyj.

#### *Polvijärven vuolukivet*

Polvijärven vuolukivet sijaitsevat Outokummun ofoliittikompleksin pohjoisosassa (Kuva 5).

Polvijärven vihreä serpentiiniitti (*Tulikivi Green*, aik. myös *Lappia Serpentine*) on perusväritään vihreää (Kuva 6E). Ulkonäköä kuvioivat vaaleat ja harmaat karbonaattijuovat. Päämineraalit ovat serpentiini, talkki ja karbonaatti. Kivi soveltuu sisustukseen ja julkisivuihin. Sen väri vaihtelu on kohtalainen, säänkestävyys kohtalainen ja kulutuskestävyys kohtalainen. Kiveä on louhittu Polvijärven Lipasvaarasta vuodesta 1988 alkaen. Louhimoita on yksi.

*Leopardi Kivi* on puolestaan serpentiinipitoinen karbonaatti-kloriittivuolukivi, jota louhitaan Polvijärven Sara-ahosta. Sen vaalean harmaata perusväriä elävöittävät tummat, lähes mustat serpentiinitäplät ja karbonaattijuonet (Kuva 6F). Päämineraalit ovat talkki, magnesiitti, serpentiini ja kloriitti. Sara-ahon vuolukivi soveltuu tulisijoihin ja sisustukseen. Alueella on yksi louhimo. Nykyinen tuotanto on aloitettu vuonna 2003.

*Tulikivi Greenin* tuottaja on Tulikivi Oyj ja *Leopardi Kiven* Lappi-Uuni Oy.

#### *Savonrannan vuolukivi*

Savonrannan vuolukivi sijaitsee Outokummun-Savonrannan ofoliittikompleksin eteläosassa (Kuva 5).

Savonrannan vuolukivi (*Polarstone*) on harmaata tai vihreänharmaata serpentiinivuolukiveä, jossa on tummia raitoja ja pilkkuja (Kuva 6G). Kiven päämineraalit ovat serpentiini, talkki ja oksidi.

Kiven käyttökohteita ovat tulisijat, hautakivet ja sisustus. Vuolukiveä on louhittu alueelta 1990-luvun alkupuolelta saakka ja nykyisen toiminnanharjoittajan Polarstone Oy:n toimesta vuodesta 2004 lähtien yhdestä louhimosta Hankavaarasta.

#### Vuolukiven potentiaalisuus

Vuolukiven potentiaalia on Itä-Suomessa tutkittu useissa hankkeissa, joita ovat rahoittaneet yksityiset yritykset, alueelliset ja paikalliset viranomaiset sekä Geologian tutkimuskeskus. Tutkimuksia on tehty alueellisina selvityksinä niin vihreäkivivyöhykkeillä kuin ofoliittikomplekseillakin. Lisäksi on tutkittu yksittäisiä potentiaalisia kohteita.

Tutkimusten tulokset osoittavat, että vuolukiven tulevaisuuden potentiaali on hyvä. Kiinnostavin alue on Kuhmon-Suomussalmen laaja vihreäkivivyöhyke, jossa on tunnistettu useita potentiaalisia karbonaattivuolukiven aiheita. Näitä ovat Kuhmon vyöhykkeessä mm. Härmänkylä, Liitukallio, Sika-aho ja Papinaho, kun taas Suomussalmen vyöhykkeessä Portin vuolukiviesiintymän eteläpuoliset alueet ovat potentiaalisia useine aiheineen (Kuva 5). Kuhmon ja Suomussalmen aiheiden jatkeet ovat myös hyvin kiinnostavia.

Nunnanlahden vihreäkivivyöhykkeen nykyisten louhimoiden varannot ovat hyvät. Lisäksi tavataan potentiaalisia aiheita (esim. Heiskasensuo) (Kuva 5). Karbonaattivuolukiviaiheita on löydetty myös Ilomantsin vihreäkivivyöhykkeeltä, esim. Hattuvaarasta (Kuva 5).

Outokummun ofoliittikompleksissa tavataan useita mielenkiintoisia aiheita sekä vuolukivessä että vihreässä serpentiiniitissä (esim. Haaralanmäki, Miihkali, Lipasvaara ja Sola) (Kuva 5).



Jormuan ofoliittikompleksi ja sen läheisyydessä olevat alueet sisältävät useita talkki- ja vuolukivialueita (esim. Melalahti) (Kuva 5).

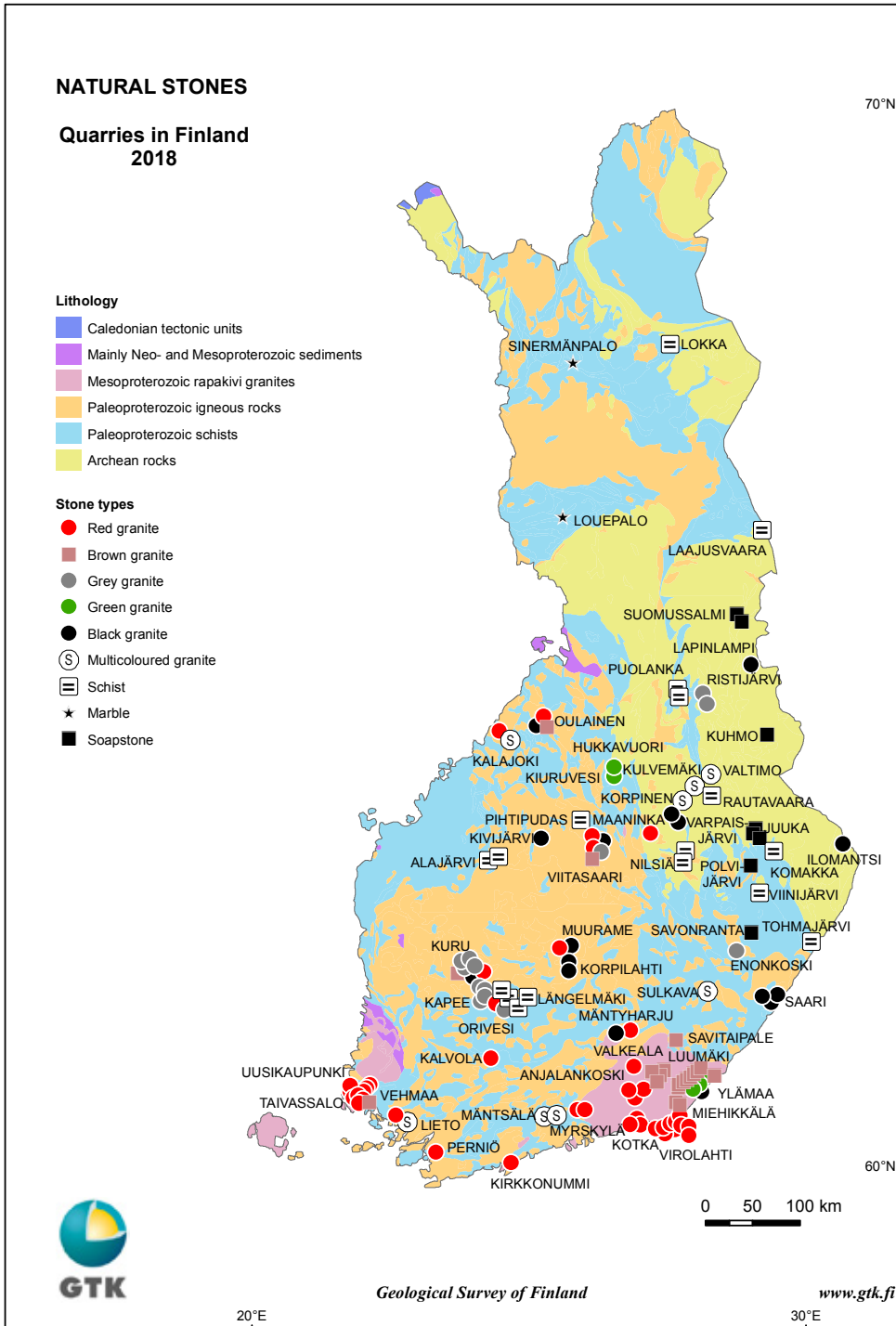
## Lopuksi

Vuolukivi on metamorfinen kivilaji, jota voidaan helposti leikata ja työstää pehmeytensä vuoksi. Siitä on valmistettu Suomessa monenlaisia tuotteita, aina hyötyesineistä ja taideteoksista arkkitehtonisiin yksityiskohtiin, teollisiin ratkaisuihin ja tulisijoihin. Nykyään vuolukivestä valmistetaan pääasiassa sen erinomaisten lämmönvarausominaisuuksiensa vuoksi tulisijoja, kuten esim. lämpöä varaavia takkoja, uuneja ja kamiinoita. Se soveltuu myös sisustukseen ja rakennusten julkisivuihin.

Suomi tunnetaan yli sadasta luokitellusta vuolukiviesiintymästä. Tunnetuimmat vuolukivimuodot sijaitsevat Itä-Suomessa, Pohjois-Karjalassa ja Kainuussa. Suomi on maailman johtava vuolukivituotteiden valmistaja. Vuolukivipotentiaali tulevaisuuden loushinnalle on hyvä.

## APPENDICES

**Appendix 1.** Licensed sites for natural stone quarries in Finland in 2018 and the main companies working with soapstone.



Hukka Design Oy  
Lappi-Uuni Oy  
NunnaUuni Oy

Polarstone Oy  
Tulikivi Oyj

## Appendix 2. Historical aspects of production of soapstone in eastern Finland.

Soapstone has a long tradition of use in Finland. Finland's oldest Stone Age art object, a head of a deer, is made of soapstone, dating back to 5170±1130 BCE (Kotivuori 1993).

During the Bronze Age, ca 1500–500 BCE, soapstone moulds for casting bronze axes were prepared in eastern Finland, especially in the Suomussalmi area (Fig. 5 on page 10) (Kotivuori 1993, Vuorjoki 2003). The moulds were also exported, e.g. to Scandinavia and northern Germany. The first records of soapstone softstone ovens are from the 1700's from Kainuu (Fig. 5 on page 10) (Vuorjoki 2003). Soapstones were there also utilized as millstones.

The modern soapstone industry in Finland began at the end of the 1800's when the company Finska Täljstens Ab was established. The company was registered in 20.5.1899 (Sourander 1945, Ringbom 1987), but probably had activities already earlier (1893) (Kotivuori 1981, Vauhkonen 1993). The office was situated in Helsinki and the quarry in Nunnanlahti, Juuka (Fig. 5 on page 10), which came to be the main location for soapstone production in Finland.

The foundation of the Finska Täljstens Ab was preceded by a period of intensive prospecting and studying of soapstone by the state geologist Mr Benjamin Frosterus from the Geological Commission of Finland. He was the main force behind the efforts to utilize known soapstone prospects, and his research gave rise to the emergence of the soapstone industry in Finland. Mr Frosterus was also one of the Finska Täljstens Ab's founding members.

In the early 1900's, soapstone was used mainly for architectural applications and was utilized, e.g. in a number of Finnish National Romantic

style buildings, often as decorative details (see below) (e.g. Sourander 1945, Kotivuori 1981, Pohjola 1984, Ringbom 1987, Rask 2001, Heldal & Selonen 2003, Lehtinen & Lehtinen 2008, Muinonen & Paajanen 2014). Also, ovens, monuments, and gravestones were produced.

In the beginning of the 1920's, the high heat resistance and the chemical durability of soapstone created interest, and the main target for soapstone production came to be coverings of the furnaces for recovery boilers in pulp mills (Vauhkonen 1993, Rossi 1997).

During the 1930's, there were five active soapstone companies in Juuka (Kotivuori 1981, Vauhkonen 1993). However, from the end of the 1950's, the production of soapstone started to decline, and tapered out altogether during the 1970's.

A new era in the industrial use of soapstone began in 1979 when Mr Reijo Vauhkonen purchased all the assets of a company called Suomen Vuolukivi Oy (Vauhkonen 1993). The production of soapstone fireplaces began in Juuka in 1980 and the company was renamed as Tulikivi Oy in 1993, and was listed on the Finnish stock exchange the following year.

Another important moment in the new emerging soapstone industry was in 1982, when the Juuka born, Mr Juhani Lehtikoinen founded the Nunnanlahden Uuni Oy company in Juuka (Vauhkonen 1993).

Since the 1980's, several companies have operated in the soapstone branch, but the two companies Nunnanlahden Uuni Oy/NunnaUuni Oy and Tulikivi Oyj have remained the leading operators through the years.

Selected buildings where soapstone has been used at the turn of the 20th century. A. Pohjola House, Helsinki, Finland. Photo: Olavi Selonen. B. Nylands Nation, Helsinki, Finland. Photo: Heikki Pirinen. C. KOP, Vyborg, Russia. Photo: Heikki Pirinen. D. First Russian Insurance Company, Saint Petersburg, Russia. Photo: Heikki Pirinen.

Valikoima rakennuksia, joissa on käytetty vuolukiveä 1900-luvun taitteessa. A. Pohjola-talo, Helsinki. Kuva: Olavi Selonen. B. Nylands Nation, Helsinki. Kuva: Heikki Pirinen. C. KOP, Viipuri. Kuva: Heikki Pirinen. D. Palovakuutusyhtiön talo, Pietari. Kuva: Heikki Pirinen.



**Appendix 3.** Photos showing a selection of current applications for soapstone.

1. Fireplace. Photo: Tulikivi Oyj.
2. Fireplace. Photo: Heikki Pirinen.
3. Fireplace. Photo: Tulikivi Oyj.
4. Custom made fireplace. Photo: Heikki Pirinen.
5. Convection fireplace. Photo: Heikki Pirinen.
6. Baking oven with cooker. Photo: Heikki Pirinen.
7. Fireplace with bake oven. Photo: Heikki Pirinen.
8. Sauna heater. Photo: Heikki Pirinen.
  
9. Façade. Library, Juuka, Finland. Photo: Heikki Pirinen.
10. Façade. Office building, Juuka, Finland. Photo: Heikki Pirinen.
11. Façade. Library, Joensuu, Finland. Photo: Heikki Pirinen.
12. Façade. Bank building, Porvoo, Finland. Photo: Olavi Selonen.
13. Façade. Office building, Juuka, Finland. Photo: Olavi Selonen.
14. Façade. Hotel, Helsinki, Finland. Photo: Olavi Selonen.
15. Portal. Library, Vyborg, Russia. Photo: Heikki Pirinen.
  
16. Interior design; floor. Office building, Juuka, Finland. Photo: Heikki Pirinen.
17. Interior design; floor. Exhibition studio, Juuka, Finland. Photo: Heikki Pirinen.
18. Interior design; floor, stairs. Library, Joensuu, Finland. Photo: Heikki Pirinen.
19. Interior design; floor, stairs. Library, Juuka, Finland. Photo: Heikki Pirinen.
20. Interior design; floor, fireplace. Café, Kotka, Finland. Photo: Olavi Selonen.
21. Interior design; countertop, part of floor. Café, Juuka, Finland. Photo: Heikki Pirinen.
22. Interior design; wet interior. Photo: suomalaisenkivi.fi/Tulikivi Oyj.
  
23. Outdoor paving. Juuka, Finland. Photo: Olavi Selonen.
  
24. Loudspeaker. Photo: Heikki Pirinen.
  
25. Small objects. Photo: Olavi Selonen.











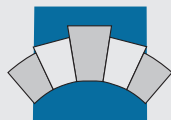




Ringed seal carved in Savonranta soapstone. Photo: Paavo Härmä.  
*Savonrannan vuolukivestä veistetty norppa. Kuva: Paavo Härmä.*



**STONE**  
FROM FINLAND



**THE FINNISH  
NATURAL STONE  
ASSOCIATION**

Eteläranta 10, 10<sup>th</sup> floor  
P.O.Box 381  
FIN-00131 Helsinki  
[www.suomalainenkivi.fi](http://www.suomalainenkivi.fi)