

FINSKÉ BALONOVÉ BUNKRY

FINNISH SPHERICAL BUNKERS

Ivo Vondrovský

V příspěvku je popsána historie a postup výstavby balonových bunkrů stavěných během 2. světové války na finském území technologií odsávaného betonu. **This article describes history and the process of construction of spherical bunkers, built in Finland by vacuum concrete technology during WW II.**

Finové sice po téměř čtyřměsíční urputné obraně tzv. Zimní války, která skončila v březnu 1940, se Sovětským svazem prohráli, to je ale nezlomilo a pokračovali již na podzim téhož roku podél nové hranice budovat opevněnou linii zvanou Salpa-Asema. V červnu 1941 se však Finové přidali k německému útoku proti Sovětskému svazu a postoupili až k Leningradu. Na podzim 1941 zahájili na znovu dobyté Karelské šíji budování nových opevněných linií označených VT a VKT, protože bývalá Mannerheimova linie byla zcela v troskách.

Finští ženisté se začali zabývat výstavbou nových opevnění. Na jaře 1940 je informoval finský námořní poručík H. Ramo, studující v USA, že se tam při stavbě civilních protiletectvých krytů používá balonová metoda. K dispozici ovšem byly jen omezené informace. Finské ženijní



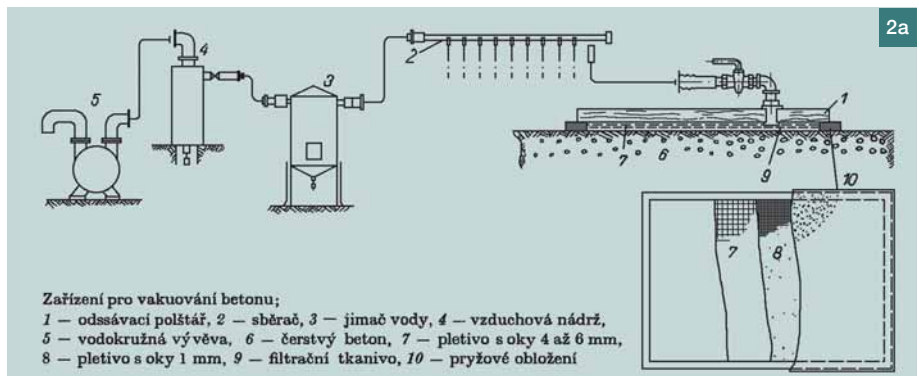
1

vojsko začalo na jaře roku 1942 novou metodu experimentálně ověřovat.

Experimentální budování proběhlo v týlu opevnění v Karelii. Po několika pokusech vývoj v listopadu 1942 úspěšně skončil. Počátkem následujícího roku byly zkušebně postřelovány tři varianty balonových bunkrů – bez betonářské výztuže, s jednou sítí po celé ploše a s třemi vrstvami výztuže pravidelně rozmístěnými v tloušťce stěny. Destrukční zkoušky pochopitelně prokázaly, že nejvyšší odolnost má kryt s trojitou výztužnou sítí, ovšem jako standardní byla vybrána varianta s jednou sítí výztuže ve střednici konstrukce.

PRINCIP VÝSTAVBY

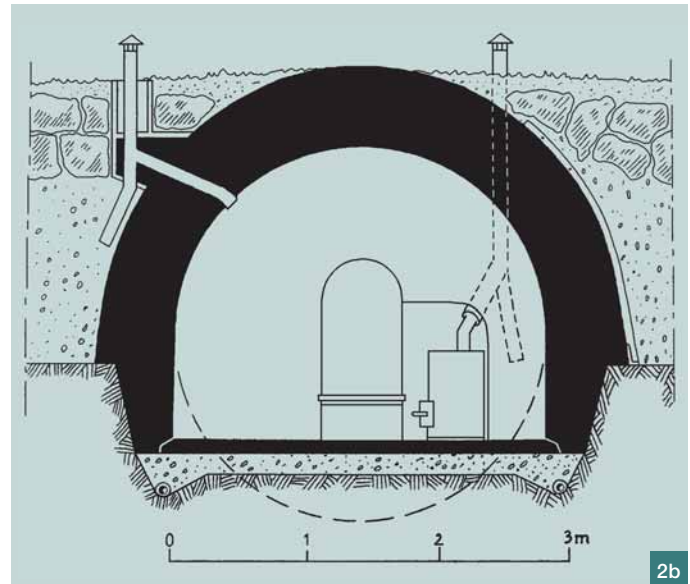
Stavba započala vyhloubením jámy o průměru cca 5,5 m a následným vybetonováním základového mezikruží s prohloubením uprostřed, kde bylo obvykle drenážní potrubí pro odvodnění v močálovitém podloží, popř. pro odčerpávání přebytečné vody během stavby. Na mezikruží byl umístěn rozebratelný prstenec trojúhelníkového profilu ze dřeva nebo plechu, tvořící základ pro usazení balonu a současně přechod z kulového tvaru na válcový. Těžký nafukovací gumový balon měl průměr 3 m a tvořil vnitřní bednění. Byl natlakován na cca 0,15 atm a pak se přes něj rozprostře-



2a

Obr. 1 Opevněná linie v jihovýchodní části Finska. Balonové bunkry se vyskytovaly na liniích VT, VKT a Salpa. V kasárnách ve městě Koria byl postaven poslední balonový bunkr **Fig. 1 Battle line in the south-east of Finland. Spherical bunkers were built on the VT, VKT and Salpa lines. The last one was built in the barracks in the city of Koria**

Obr. 2 a) Schematické znázornění zařízení pro vakuování betonu uvažované pro použití v československém stavebnictví (zdroj: publikace Betonář), b) idealizovaný řez dokončeným balonovým bunkrem. Čárkovaně je vyznačena spodní část balonu, pro niž bylo v základech vytvořeno příslušné prohloubení (zdroj: Muzeum Virolahti, 2016) **Fig. 2 a) Schematic picture of the vacuuming appliance considered to be used in Czechoslovak construction industry. (source: Betonář publication), b) ideal cross section of the finished spherical bunker. Dashed line indicates the bottom part of the sphere for which was dug an appropriate pit. (source: Virolahti Museum, 2016)**



2b

lo ochranné plátno, zabraňující přilepení betonové směsi. Následovalo vyztužení ocelovou sítí s připevněnými dřevěnými špalíky, zajišťujícími její správnou polohu. Výztuž byla upravena podle bednění vstupní chodbičky, výklenku pro kamna a průduchů pro kouřovod a pro větrání. Vnější bednění ve vzdálenosti cca 600 mm od balonu tvořily plechové segmenty sešroubované do tvaru koule se seříznutým vrcholem, přičemž dolní polovina měla stěny téměř svislé. Nad otevřený vrchol byl umístěn plechový kužel zajišťující rozprostření řídké betonové směsi po celém obvodu. Její hutnění dřevěnými tyčemi provádělo několik dělníků. Míchačka na pásovém podvozku byla po pracovní plošině zatažena přímo nad objekt. Po dokončení betonáže se bednění uzavřelo přiložením plechového vrchlíku.

Během betonáže se tlak v balonu zvyšoval a musel se průběžně sledovat, protože už při přetlaku 0,3 až 0,4 atm mohl balon explodovat. Obezřetnost si vyžadovala zejména betonáž během horkých letních dnů, kdy vysoká teplota zvyšovala tlak uvnitř balonu. Bylo nutno počítat i se zimními mrazy, kdy se musely složky betonu před mícháním ohřívat.

TECHNOLOGIE ODSÁVANÉHO BETONU

Při stavbě byla využívána technologie odsávaného či vakuovaného betonu. Touto technologií se z uložené betonové směsi odstranilo 30 až 40 % vzduchu i vody, kterou cement nepotřebuje při hydrataci a která by po odpaření zanechala dutiny. Tím se urychlila zejména hydratace cementu a vzrůst mechanické pevnosti betonu na počátku tvrdnutí. Částice čerstvého betonu vyplnily veškeré dutiny vzniklé odstraněním vody a vzduchu. Voda sice s sebou strhávala i částky cementu, ale v zanedba-



telném množství. Oproti ručnímu dusání se pevnost odsávaného betonu zvýšila až o 50 %. Odsávání, které zlepšilo přilnavost výztuže k betonu, bylo z vybetonovaného bunkru umožněno vnějším, prakticky vzduchotěsným plechovým bedněním. Jeho segmenty byly zevnitř opatřeny rámem s jemnou mřížovinou, pokrytou bavlněnou filtrační tkaninou. V dolní a občas i v horní části měly segmenty příruby se šroubením pro napojení odsávacích hadic. Stejně byl upraven i vrchlík bednění. Po rozebrání bednění zůstala filtrační tkanina přilepená na povrchu betonu.

Výstavba byla rychlá a díky odsávání beton cca po 0,5 až 1 h ztuhl natolik, že se mohlo sejmut vnější plechové bednění. Poté se vyfoukl balon, vy-

táhl dveřním otvorem a mohl se znovu použít na další stavbě. Po rozebrání pomocného vnitřního trojúhelníkového prstence se podlaha uvnitř bunkru zarovnal betonem. Objekt se obsypal zeminou a současně se vytvořila protinázorová vrstva z velkých kamenů. Nakonec se vykopala přístupový zákop, příp. i odvodňovací rýhy.

Vnitřní vybavení sestávalo z paland, stolu a kamen na tuhá paliva. Po 12 až 16 h beton údajně vyzrál tak, že vydržel přímý zásah 75mm dělostřeleckým granátem. Fortifikační oddělení finské armády stanovilo, že beton musí mít po vyzrání, tedy po 28 dnech, pevnost v tlaku 30 MPa (300 kg/cm²). Cena jednoho objektu průměrně činila 86500 finských marek, což bylo podstatně



Obr. 3 Rozestavěný balonový bunkr. Balon je nafouknutý, pokrytý ochranným plátnem a s výztuží, která je ve vrchlíku řídká, aby nebránila vsypávání betonu (zdroj: sbírka P. Šlegra [online]) ■ Fig. 3 Spherical bunker under construction. The ball is inflated, covered by a cloth and the reinforcement is sparse to enable pouring of the concrete. (source: P. Šlegr collection [online])

Obr. 4 Řídká betonová směs stéká z pojezdné míchačky na kuželovitý plech a pak mezi bednění. Všimněte si vojenského dozoru v pozadí (zdroj: sbírka P. Šlegra [online]) ■ Fig. 4 Sparse concrete mix pours from the mobile mixer onto the conic plate and then into the formwork. In the background is military supervisor. (source: P. Šlegr collection [online])

Obr. 5 Betonáž je ukončena a následuje odsávání přebytečné vody a vzduchu. K tomu slouží tlakové hadice v uzavřeném vrcholu a v horní části bednění (zdroj: sbírka P. Šlegra [online]) ■ Fig. 5 Concreting is finished and sucking excess water and air. This is done using pressure pipes in the closed top and in the upper part of the formwork. (source: P. Šlegr collection [online])

Obr. 6 Rozebírání bednění – na odložených segmentech je vidět řídká mřížovina, filtrační tkanina zůstala nalepená na betonu (zdroj: sbírka P. Šlegra [online]) ■ Fig. 6 Disassembling the formwork – there is the sparse network visible on the segments; the filter cloth remained stuck to the concrete. (source: P. Šlegr collection [online])

Obr. 7 Vnější plechové bednění balonového bunkru. Zastřešení chrání vystavený muzejní exponát před povětrnostními vlivy, rovněž boční otvor je vytvořen jen pro názornost. Nad otvorem a při zemi jsou patrné příruby pro napojení tlakových hadic pro odsávání. O bednění je opřena kruhová síť, která se potáhla filtrační tkaninou a po ukončení betonáže se umístila pod plechový vrchlík bednění. Tlakové nádoby s přípojným potrubím sloužily pro odsávání přebytečné vody z betonu. Vedle nich leží část trojúhelníkového prstence pro usazení balonu. Kužel v popředí sloužil k rozprostírání betonové směsi, pod ním je část vrchlíku bednění (foto: I. Vondrovský, muzeum Miehikkälä, 2016) ■ Fig. 7 Outer metal formwork of the spherical bunker. The roofing protects the exposed museum exhibit against weather impacts, and also the side opening is created only for clearness. Above this opening and close to the ground there are visible flanges for connecting the pressure pipes for sucking. The circle-shaped net is propped against the formwork; this net was pulled through the filter cloth and after completion of concreting was placed under the spherical cap of the formwork. Pressure vessels with connected pipeline served for sucking up the excess water from the concrete. Next to them there is a part of a triangle ring for placing the ball. The cone in front served to spreading of the concrete mix, at the bottom there is part of the spherical cap. (photo: I. Vondrovský, Miehikkälä Museum, 2016)

Obr. 8 Kompletní bednění jako muzejní exponát, dobře jsou vidět příruby pro napojení odsávacích hadic (foto I. Vondrovský, muzeum Virolahti, 2016) ■ Fig. 8 Complete formwork as a museum exhibit; the flanges for connecting the sucking pipelines are clearly visible. (photo I. Vondrovský, Virolahti Museum, 2016)

méně než cena běžných železobetonových pevnůstek.

ZÁVĚR

Balonové bunkry se používaly zejména jako úkryty pro osádku obranné linie, vyskytly se však i případy, kdy byly usazeny nad terémem a opatřeny betonovou střílnou pro kulomet. Jejich finský název zněl „pallokorsu“, tedy balonový či sférický bunkr, nebo také „imubetonikorsu“, tedy bunkr z odsávaného betonu.

Na Karelské šíji vyrostlo do sovětské ofenzívy v červnu 1944 více než 600 balonových bunkrů. Finům se při ústupu podařilo evakuovat stavební stroje, byť byly poškozené. Po opravě pomohly tyto stroje na linii Salpa vybudovat dalších 254 balonových bunkrů, a to zejména v týlu jihovýchodního úseku Miehikkälä–Virolahti a také severozápadně u města Lappeenranta. Z celkových 701 stálých pevnůstek na linii Salpa tvořily balonové bunkry téměř třetinu, rozhodně se tedy nejednalo o nějakou zanedbatelnou variantu. Poslední balonový kryt vznikl roku 1953 v kasárnách v městě Koria v jižním Finsku.

Pevnůstky kulového tvaru používalo koncem války i Německo. Ty německé však byly vyráběny průmyslově v běžném bednění a pak převáženy na místo určení.

Vakuovaný beton se počátkem 60. let 20. století propagoval i v Československu.

Ivo Vondrovský

e-mail: info@koerberttechnik.cz



Text příspěvku byl posouzen odborným lektorem.
The text was reviewed.

Článek na toto téma byl poprvé publikován v časopise ATM 1/2017.

Zdroje:

- [1] Muzea Miehikkälä a Virolahti na linii Salpa ve Finsku, 2016.
- [2] AUGUSTA, I. (red.) *O betonu pro mistry na pozemních stavbách*. Praha: Ústav normování ve stavebnictví, 1962.
- [3] BOČKOVSKÝ, V. *Betonář*. Praha: SNTL, 1959.
- [4] CHORZEPA, J. *Schron balonowy*. Forteca. 2007, č. 24–25.
- [5] Informace pánů Jaroslava Brože, Oldřicha Gregara a Pavla Šlegra.
- [6] VALENTA, O. *Vakuovaný beton*. Praha: SNTL, 1953.
- [7] JELEN, L. *Praktická technologie betonu*. Praha: SNTL, 1956.

vysprávková malta s antikoroziními účinky



weber.rep surface

první malta s antikoroziními účinky

- doplňuje chybějící beton
- vyhlazuje povrch
- chrání před korozi
- prodlužuje životnost stavby

weber
SAINT-GOBAIN