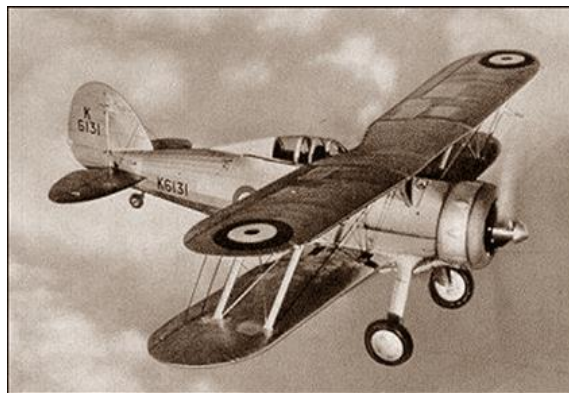




81. Latvijas Universitātes
starptautiskā zinātniskā
konference 2023

Ģeomātika (GIS un tālzpēte), 31.03.2023



Latvijas vēsturisko aerofotouzņēmumu apzināšana un izmantošana



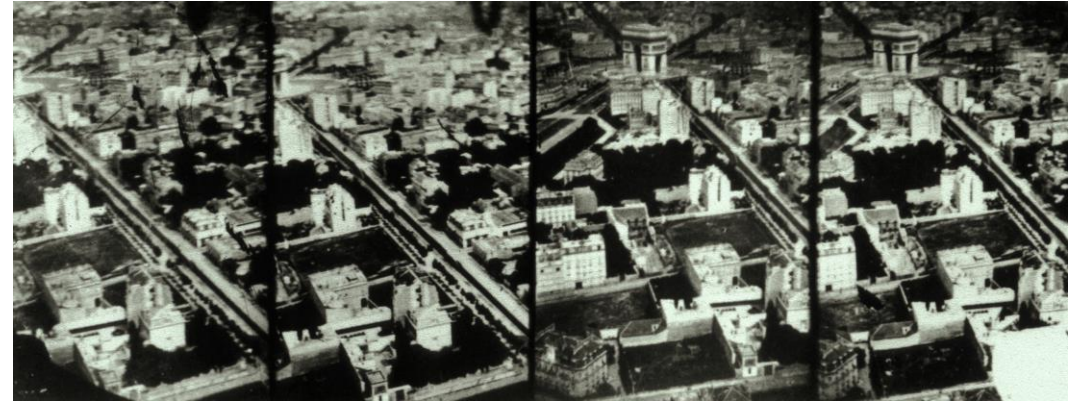
Ints Lukss
ints.lukss@rtu.lv



RTU
BŪVNICĪBAS
INŽENIERZINĀTŅU
FAKULTĀTE

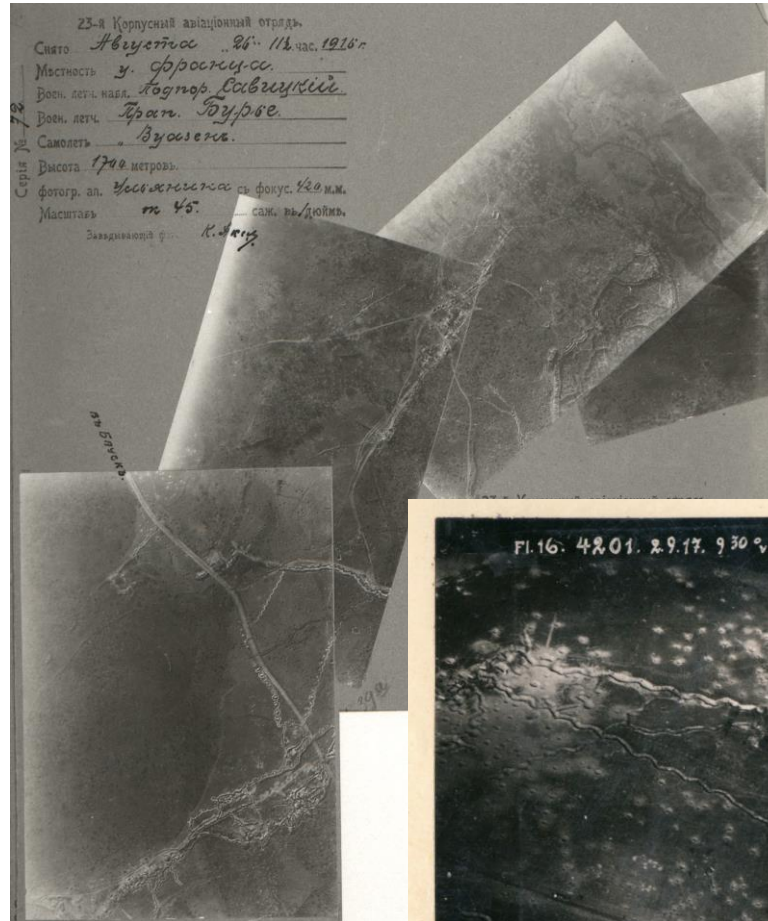
Aerofotouzņemšanas aizsākumi

- Pirmā aerofotogrāfiju uzņēma Gaspārs Felikss Turnašons (Nadārs) 1858. gadā no gaisa balona Francijā (Parīze).
- 1859.gadā franču sapieru virsnieks Aimē Losedā izstrādā grafisku paņēmieni centrālā projekcijā uzņemtu attēlu izklāšanai plaknē.
- 1958.gadā ar līdzīgu metodi sāk strādāt vācu arhitekts Albrehts Meidenbauers.
- Metodi sākotnēji sauc - **fotografometrija** – «mērīšana uz fotogrāfijām».
- Vācu ģeogrāfs Otto Kertens ierosina Meidenbaueram šo metodi pārdēvēt par **fotogrammetriju**.
- Aerofotogrāfijas un aerogrammetrijas strauju attīstību veicināja **1. pasaules karš**.



Latvijas teritorijas uzņēmumi 1. pasaules karā

- Aerofotouzņemšanu 1916.-1918. gados veica vācu 8. armijai piekomandētā gaisa izlūkošanas vienība un krievu armijas 23. korpusa aviācijas daļa.
- Galvenokārt uzņēma pretinieka pozīcijas slīpā vai vertikālā projekcijā, kā arī dažādas kara epizodes – artilērijas apšaudes rezultātus, uzbrukumus, karaspēka kolonas, 1917. gada 1. maija demonstrāciju, krievu armijas atkāpšanos no Rīgas u.c.
- Digitizētie uzņēmumi atrodami dažādos arhīvos, piemēram:
 - <http://www.landesarchiv-bw.de/>
 - <https://www.ra.ee/fotis/>
- Izmantojami galvenokārt tā laika kara notikumu vēsturiskai izpētei.





Rīga, 1916. g.

EFA.124.A.122.9



1. Maija demonstrācija Rīgā, 1917. g.

EFA.124.A.122.26



Daugavas forsēšana, 01.09.1917



Plūviņas, 11.09.1917

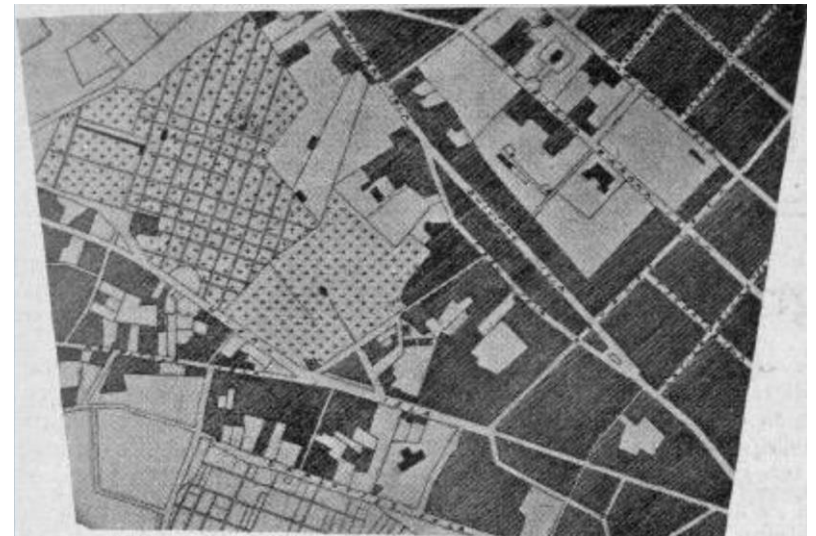
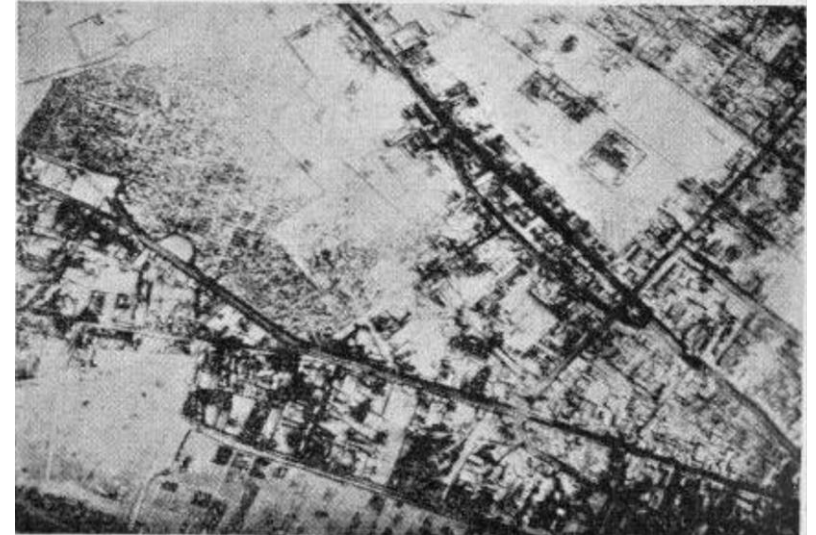


Fl:16. 2925. 23.5.17. 7°v. 8900 - 0

Sidgunda

1920-tie gadi - pirmie pašu mēģinājumi

- **1924.** gadā **Latvijas universitātes Ģeodēzijas institūtā** profesora **Alvila Buholca** vadībā izdarīja pirmo mēģinājumu Latvijā sastādīt situācijas plānu pēc uzņemtās no gaisa fotogrammas (aerofotogrāfijas).
- Izmantoja Latvijas armijas Aviācijas divizona no apm. 2200 m augstuma uzņemto fotogrammu formātā 13X18 cm. Uz šīs fotogrammas, kurai ir vertikāluzņēmuma raksturs, attēlots Rīgas pilsētas rajons ap jauno Ģertrūdes baznīcu.
- Plāna sastādīšanai pieciem uz fotogrammas attēlotiem punktiem tika noteiktas taisnleņķa koordinātas no pilsētas plāna mērogā 1:600.
- Lietojot četrus no šiem punktiem kā atbalsta punktus un piekto kā kontrolpunktu, universitātes ģeodēzijas kabinetā pēc šīs fotogrammas ar grafiskiem paņēmieniem sastādīja attiecīgu situācijas plānu mērogā 1:10000.
- **1927.** gadā kara lidotāji uzņēma jau lielāku teritoriju Vecdaugavas apkaimē, kurā LU studenti prakses laikā pirms tam ierīkoja marķētus kontrolpunktus un tos uzmērīja. No iegūtajām aeroainām Ģeodēzijas institūta subasistents **Arturs Berkolds** sastādīja situācijas plānu.



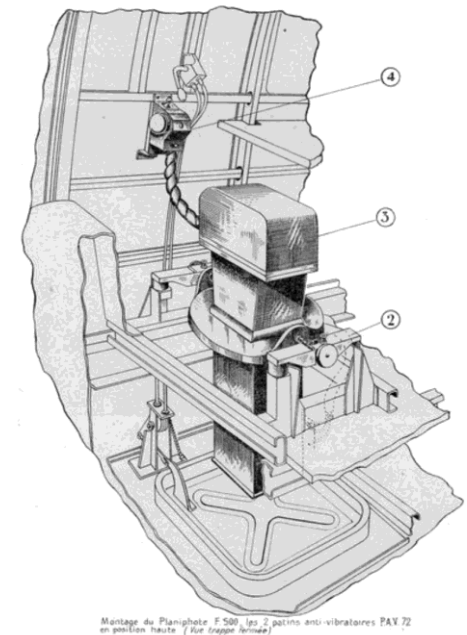
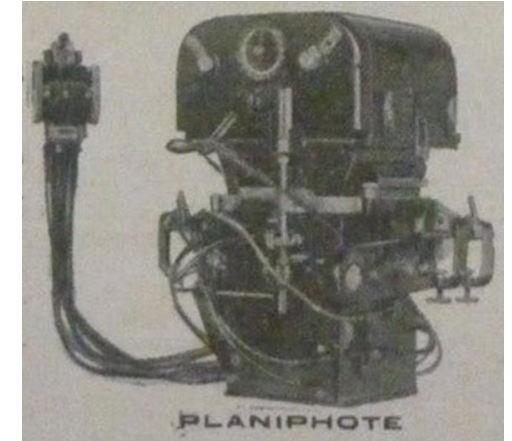
1930. gadi – fotogrammetrijas praktiskie sasniegumi

- Armijas štāba Ģeodēzijas un topogrāfijas daļa **1937.** gadā uzsāk karšu izgatavošanu aerofotogrammetriskā ceļā – 2 lapas.
- Jūrniecības departaments izgatavoja jūrmalas fotoplānu no Slokas līdz Rojai mērogā 1:5 000, no kura izveidota karte mērogā 1:50 000.
- Latvijas armijas Tehniskās divīzijas **Aviācijas pulka** sastāvā ietilpa **Izlūku eskadriļa** un **Fotogrammetrijas laboratorija**, kas izpildīja aerofotografēšanu un ainu apstrādi.
- Fotogrammetrija tika izvēlēta kā viena no masveida kadastrālās uzmērīšanas metodēm, kuru sāka izmantot no **1936.** gada un kas pamazām aizvietoja grafisko menzulas metodi, jo bija daudz ražīgāka un ekonomiski izdevīgāka.
 - 1937. gadā fotogrammetriski uzmērīja ap 50 000 ha lauku zemes Kurzemē;
 - 1938. gadā – 110 000 ha;
 - 1939. gadā – 91 300 ha;
 - 1940. gadā vēl paguva uzmērīt(?) vairāk nekā 250 000 ha.

} ~5000 km²

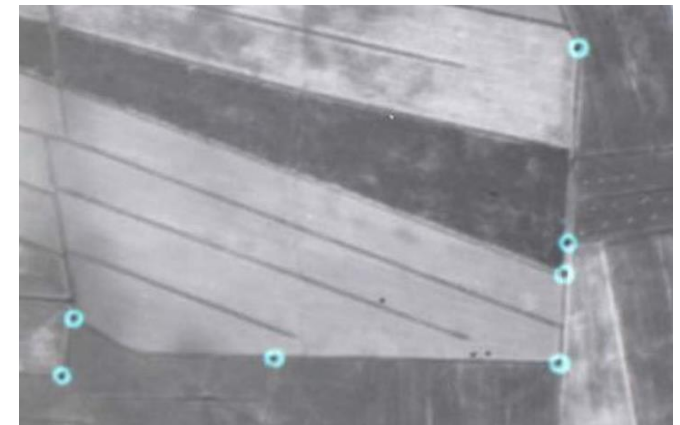
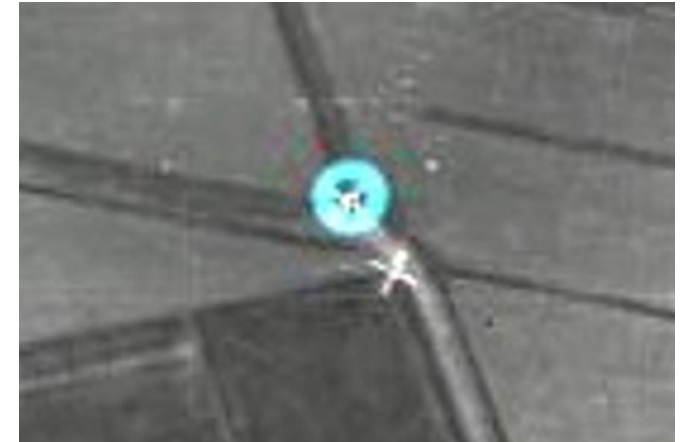
Fotogrammetriskā kadastrālā uzmērīšana

- Izmantotās kameras: Planiphote (Francija)
 - Attēla izmērs: 180x240 mm (derīgais - **165x225 mm**);
 - Objektīva fokusa attālums: **30 cm** vai 50 cm;
 - Objektīva apertūra: f/4.5 vai f/5.7;
 - Slēdzis: centrālais, 1/250, 1/300, 1/350 s; ar automātisku vai rokas vadību;
 - Filma: 180 mm plata, automātiska padeve, magazīnā – 200 kadri;
 - Fotomateriāli: Imperial Aero, Ilford Aero, Agfa Aero un Orthochromatic;
- Aerofoto uzņemšana:
 - Lidojuma augstums: 2000 – 2500 m;
 - Kameras orientācija: vertikāla;
 - Aerofoto mērogs: 1:6 000 – 1:8 000;
 - Fotoainu pārklājums: 30%-60% (daudzos gadījumos mazāks).
- Saglabājušās apm. **5700** aerofotoainas, kuras glabājas Latvijas Valsts Kinofotofonodokumentu arhīvā.



Darba organizācija un izpilde

- Fotogrammetriskās uzmērīšanas darbus plānoja un izpildīja Zemkopības ministrijas Mērniecības daļa.
- Atbilstoši darba plānam vajadzīgā rajona aerofotografēšanu izdarīja Latvijas armijas Aviācijas pulks ar savām lidmašīnām un automātiskām aerokamerām. Pirms lidošanas pēc vajadzības uz lauka ar kaļķi vai zāģu skaidām iekrāsoja atbalstpunktus 5x5 m izmērā.
- Mērniecības daļā aeroainas sakārtoja pa rajoniem un sanumurēja.
- Ainas sadalīja mērnikiem, kas uz lauka veica to rekogniscēšanu, uz tām atzīmēja atbalstpunktus un citus situāciju punktus (ēku stūrus, grāvju krustpunktus), kas vēlāk noderēs ainu orientācijai. Atzīmētajiem punktiem uzmērīja to koordinātas.



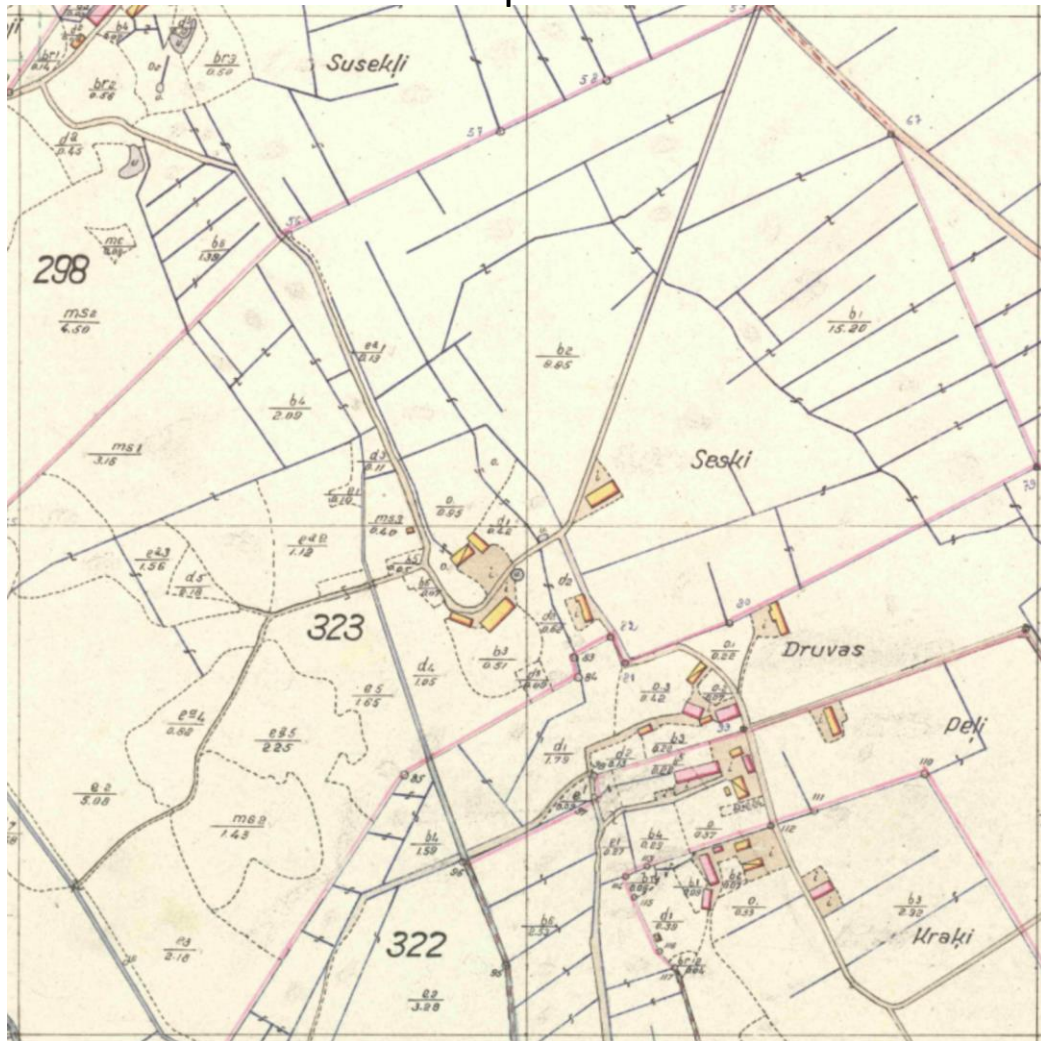
Aeroainu fotogrammetriskā apstrāde

- Visus atbalstpunktus atzīmēja uz caurspīdīgajiem negatīviem un sagatavoja atbalstpunktu plānus mērogā 1:5000 katrai atsevišķai aintai.
- Ceisa firmas pārvēršamā aparātā (*Zeiss autofocusing rectifier SEG I*) ainas optiski mechaniski pārvērta tā, lai uz negatīva esošie atbalstpunkti sakristu ar plānā parādītiem. Tad arī situācija starp atbalstpunktiem bija pareizi orientēta.
- Dabūtais ainas attēls bija jānostiprina paliekošā veidā, ko izdarīja vai nu zīmējot tieši aparātā uz atbalstpunktu plāna, resp. planšetes, vai attēlu uztverot uz foto papīra. Pēdējā gadījumā plāna izzīmēšanai lietoja pārvērstās ainas fotogrāfiju.
- Atbalstpunktu vietās ainā izgriezta caurumiņus, pēc kuriem ainu orientēja uz planšetes vajadzīgā vietā un tad ar kopējamā papīra palīdzību pārspieda uz planšetes vajadzīgās situācijas līnijas. Pēc tam uzvilktās līnijas izvilka ar tušu un izkrāsoja.

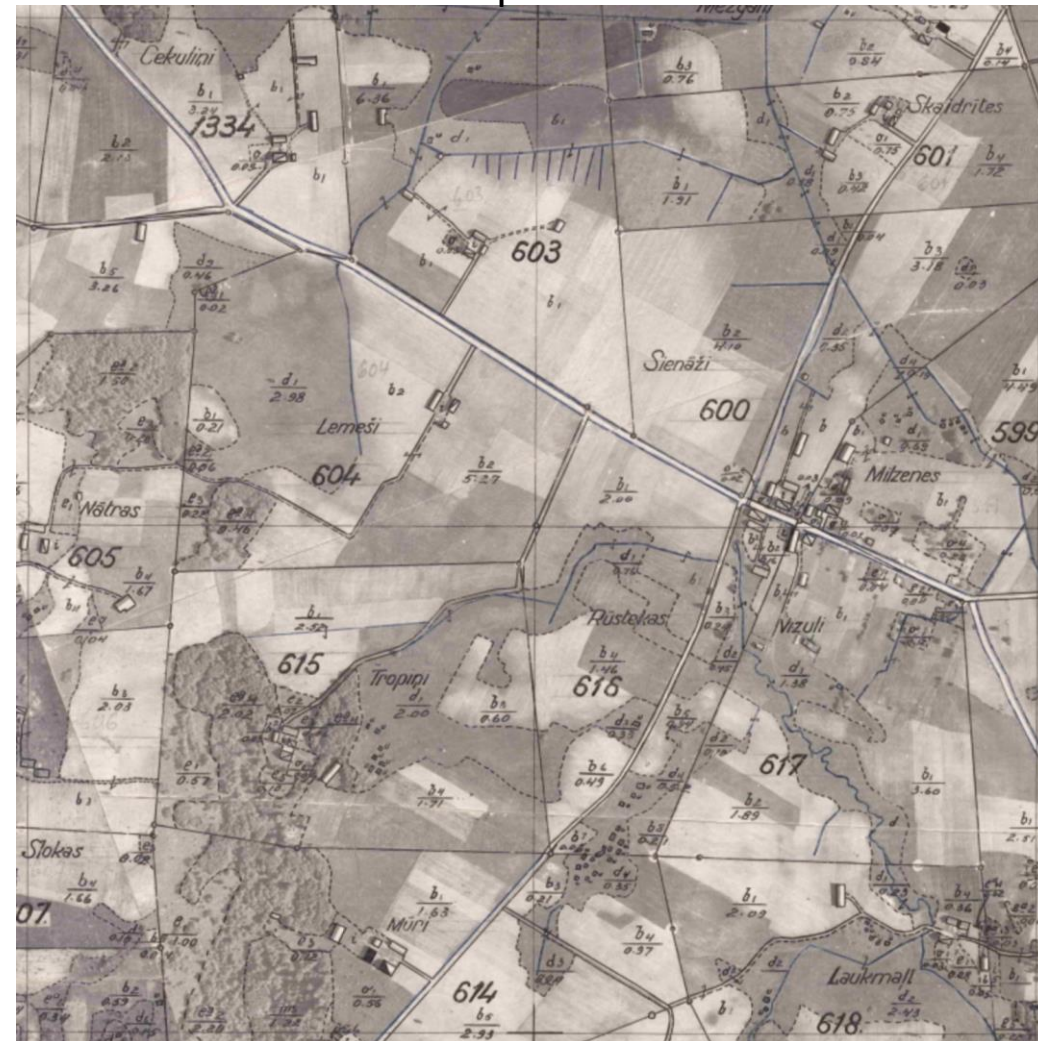


Darba rezultāts

Kadastra planšete

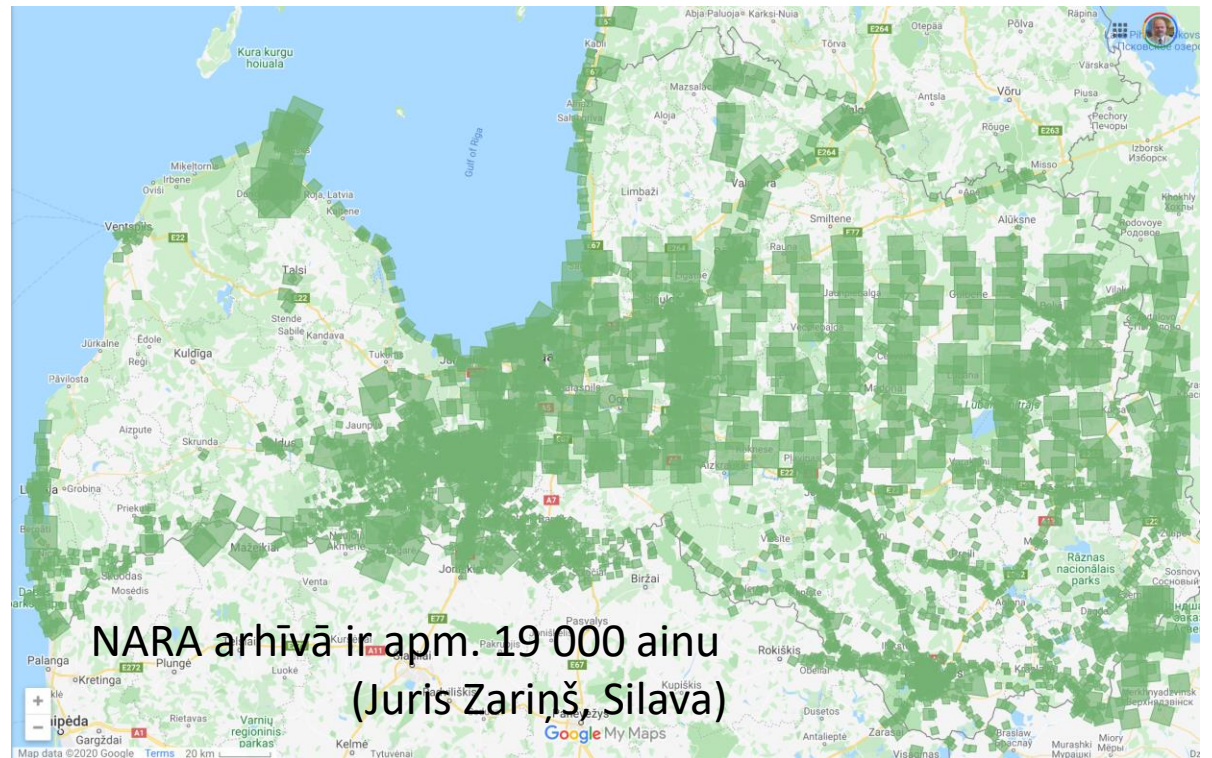


Fotoplāns



2. pasaules kara laika aerofotouzņēmumi

- Latvijas teritorijas aerofotouzņemšanu 1941.-1945. gados veica galvenokārt vācu Luftwaffe taktiskās gaisa izlūkošanas vienības.
- Lielākā daļa uzņēmumu tika izdarīti no 5 km un lielāka augstuma ar 30x30 cm formāta kamerām, un fokusa attālumiem 20, 50, 75 cm (Carl Zeiss Rb. 20/30, Rb. 50/30, Rb. 75/30).
- Uzņēmumi pēc kara nonāca sabiedroto rīcībā, tika sistematizēti un izpētīti, tagad ir pieejami ASV (NARA) un Liebritānijas (NCAP) arhīvos.
 - <https://catalog.archives.gov/id/306065>
 - <https://ncap.org.uk/GAF>
- Aerofotouzņēmumu augstas izšķirtspējas digitālās kopijas, ja tādas ir izgatavotas, var pasūtīt par samaksu (NCAP).
- NARA digitizēšanu var veikt saviem spēkiem, personīgi ierodoties arhīvā.



Daugavpils, 1944. gada vasara

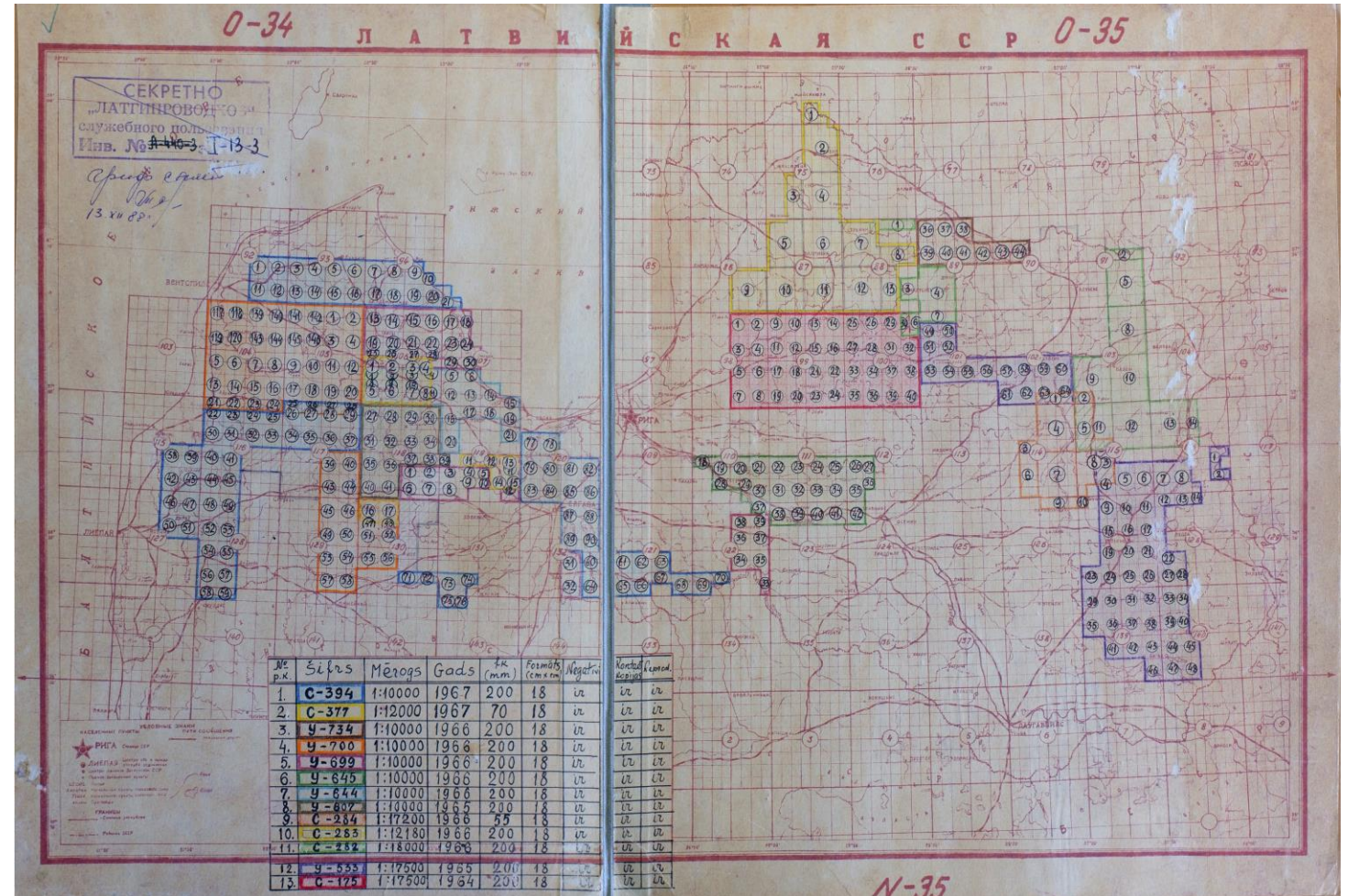


Koknese, 1944. gada vasara



Padomju okupācijas laika aerofotouzņēmumi

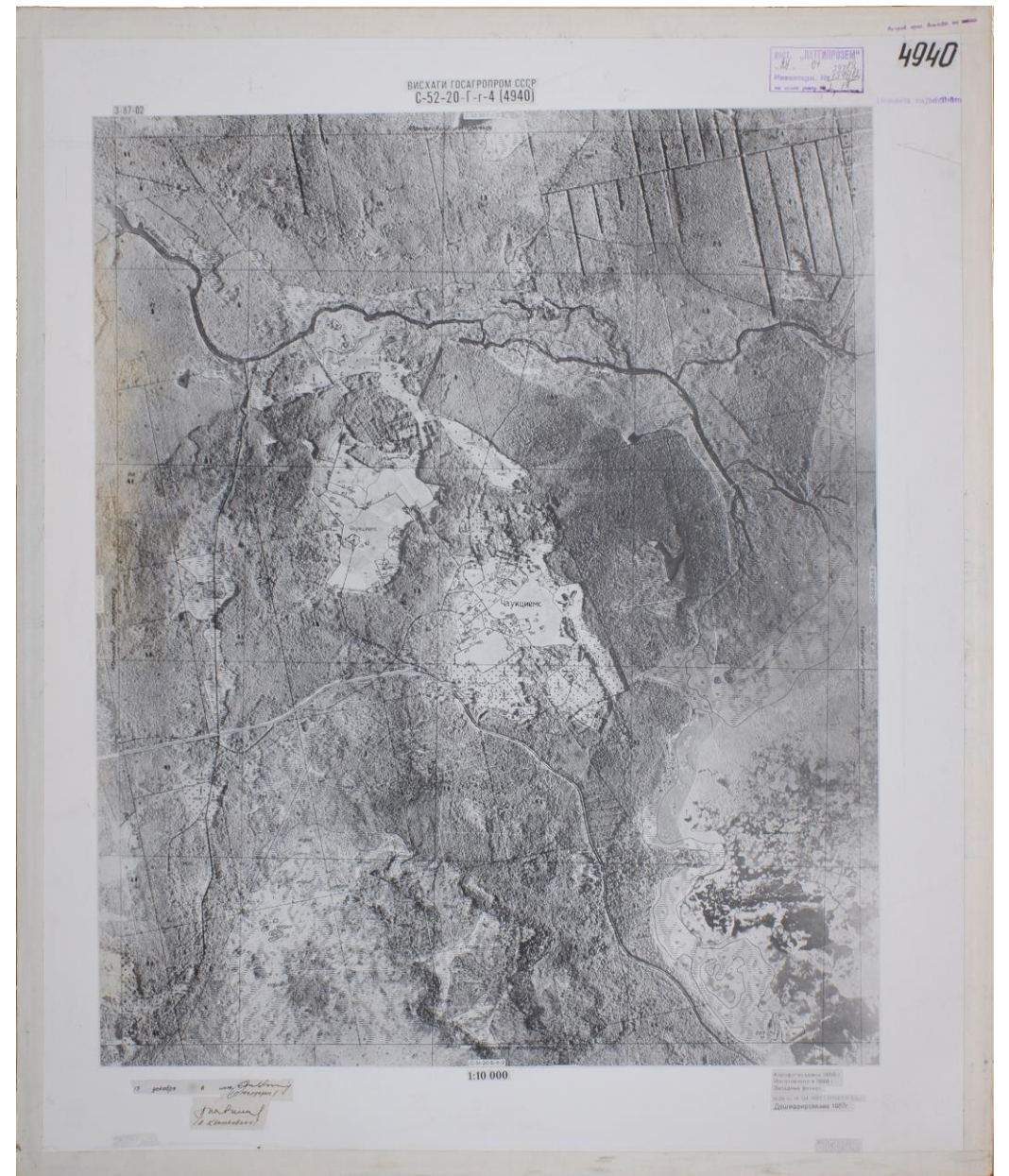
- Padomju laikā Latvijā kartogrāfijas nozare bija PSRS Ministru padomes Galvenās ģeodēzijas un kartogrāfijas pārvaldes un Ģenerālštāba kara topogrāfijas pārvaldes pārziņā.
- Aerofoto uzņemšanu civilajām vajadzībām Latvijas teritorijā veica Vissavienības Lauksaimniecības aerofotoģeodēziskās pētniecības institūta ("VISCHAGI") Rietumu nodaļa Kauņā. Fotoainas tika dešifrētas un no tām izgatavoti fotoplāni mērogā 1:10 000.
- Uzņemšanā pārsvarā izmantoja fotokameras ar kadra izmēru 18x18 cm, bet dažkārt arī 30x30 cm.



Aerofotouzņēmums, 25.08.1977



Fotoplanšete, 1988. gads

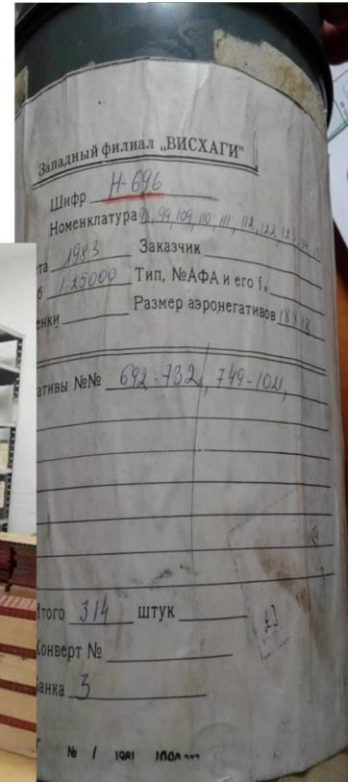


Apzinātās aerofotouzņēmumu kolekcijas

- Latvijas valsts Kinofotofonodokumentu arhīvs:
 - 15347 aerofoto negatīvi (digitizēti);
 - 11092 fotoplanšetes (nav digitizētas).
- Latvijas ģeotelpiskās informācijas aģentūra:
 - ~ 200 000 1954.-1989. gada aerofoto negatīvi un pozitīvi (12 500 digitizēti).
- Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava":
 - Mežierīcības institūta 1980. gadu aerofotouzņēmumi.
- Latvijas Universitātes ĢZZF karšu bibliotēka:
 - 1070.-1980. gadu aerofotouzņēmumi.
- Latvijas nacionālā bibliotēka un muzeji:
 - Atsevišķi aerofotouzņēmumi.
- Arhīvi un kolekcijas ārzemēs.



26.01.2023

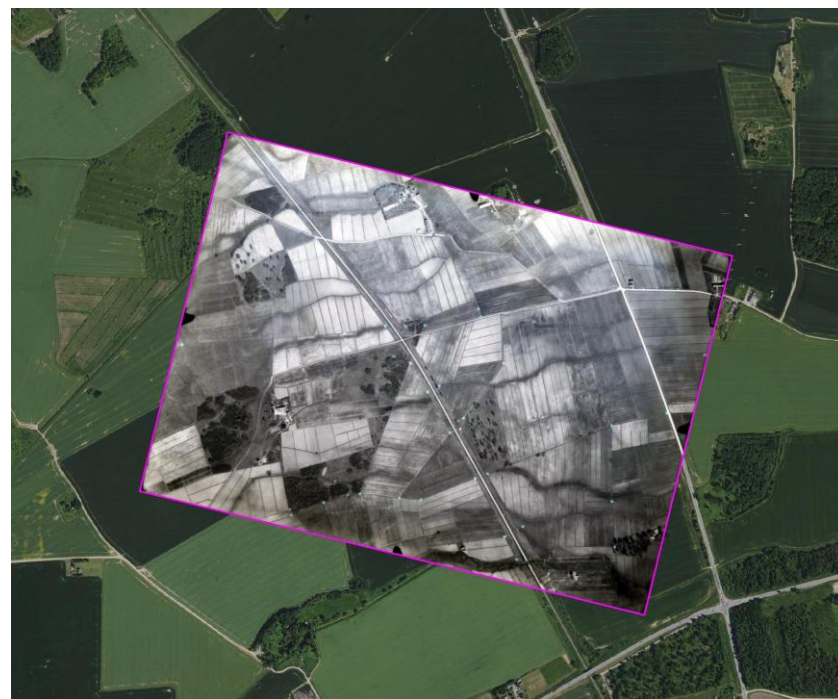


Vēsturisko aerofotoainu digitālais piedāvājums

- Arhīva kolekciju skenēšana:
 - Oriģinālie negatīvi (filmas un fotoplates) skenējamas ar fotoskeneri augstā izšķirtspējā – 1200 dpi līdz 2400 dpi, bet ne zemākā kā 500-700 dpi.
 - Kontaktkopijas uz fotopapīra var skenēt ar zemāku izšķirtspēju.
- Arhīva fotomateriālu telpiskā indeksēšana:
 - Fotoainas lokalizēšana – piesaiste konkrētai vietai uz zemes.
 - Bieži ir sarežģīts uzdevums, sevišķi ja apvidus ir stipri mainījies laikā.
 - Ir publicēti vairāki mēģinājumi to automatizēt – labs uzdevums studentu studiju darbiem.
- Aerofotouzņēmumu ģeoreferencēšana:
 - ĢIS pieeja.
 - Fotogrammetriskā pieeja.
- Arhīvu kolekciju publicēšana (datu atvēršana):
 - Metadatu sagatavošana.
 - Portāla ar dažādām meklēšanas iespējām izveidošana/uzturēšana, nodrošinot arī aerofotouzņēmumu lejupielādi.

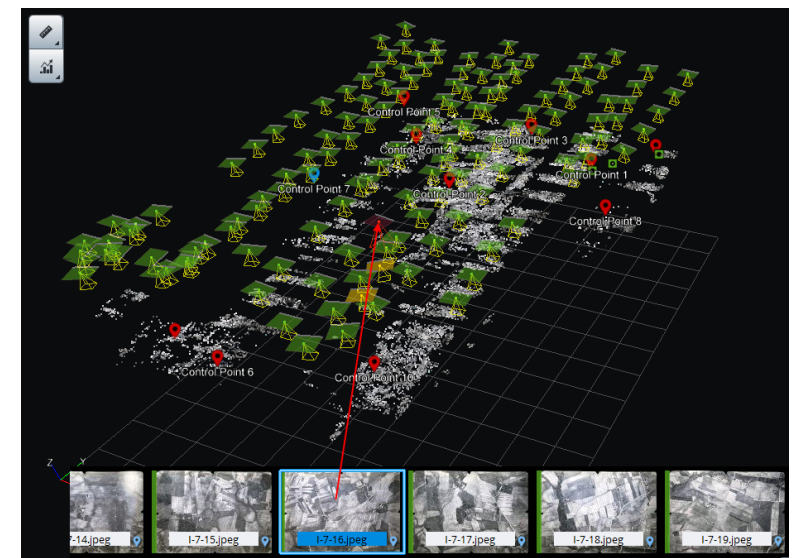
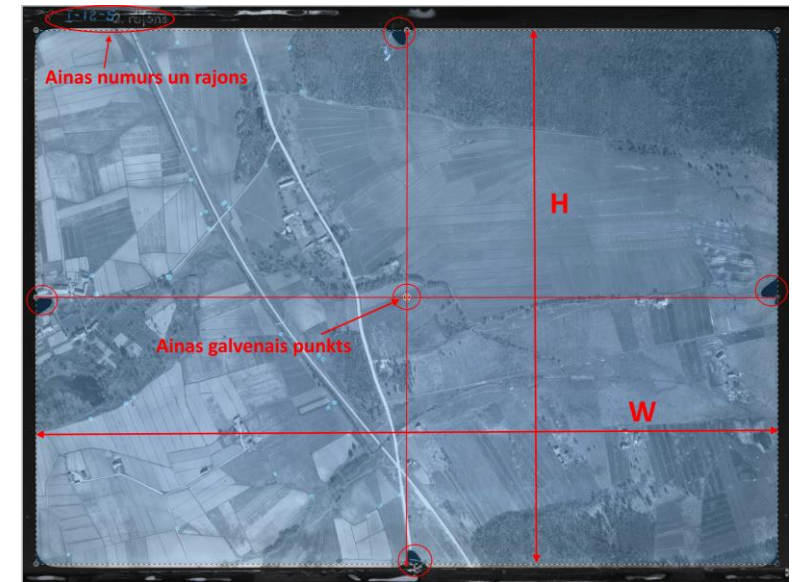
Ģeoreferencēšana – ĢIS pieeja

- Katru aerofotoainu atsevišķi piesaista tās atrašanās vietai:
 - Atrod aptuveno atrašanās vietu un ĢIS programmā atver šo ainu uz ortofoto kartes fona;
 - Sameklē uz ainu punktus vai detaļas, kas laika gaitā nav mainījušās (ēkas, tilti, ceļu krustojumi u.t.t.);
 - Izmanto kādu no ĢIS programmas piedāvātām transformācijām (telpiskās līdzības, afīnā, Helmerta, u.c.);
 - Saglabā transformēto ainu ar tās piesaistes datiem;
- Vispārīgā gadījumā nav precīza, jo neņem vērā perspektīvas, reljefa un optiskos izkropļojumus, bet ir vienkārša metode un pilnīgi pietiekoša publicēšanai un praktiskām izpētes vajadzībām.
- Ir daudzas publikācijas par šī procesa automatizāciju attiecībā uz vēsturiskiem aerofoto un arī varētu būt labā tēma studentu darbiem.



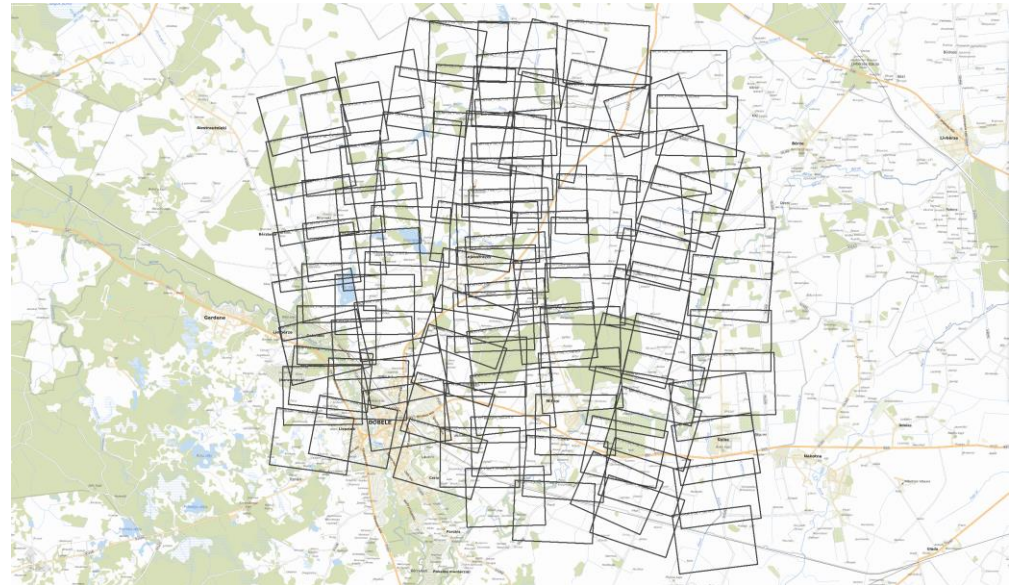
Ģeoreferencēšana – fotogrammetriskā pieeja

- Ar attēlu rediģēšanas programmu nosaka aerofotouzņēmumu **iekšējās orientācijas** elementus:
 - Skenētā uzņēmuma derīgās daļas izmērus W, H pikseļos;
 - Uzņēmuma galveno punktu, kuram jāatrodas derīgās daļas centrā (attēls ir pareizi jāorientē un jāizgriež).
- Ar fotogrammetrijas programmu nosaka katra aerofotouzņēmuma **ārējās orientācijas** elementus:
 - Uzņēmuma ass virzienu un slīpumu;
 - Uzņēmuma sānsverī;
 - Aerofotokameras atrašanos horizontālā projekcijā un augstumu.
- Aerofotouzņēmumu savstarpējas orientācijas noteikšana mūsdienās balstās uz automātiski lokalizētiem saistpunktiem uzņēmumos, tādēļ nepieciešams pietiekošs pārklājums.
- Pēc tam var noteikt visas fotouzņēmumu grupas atrašanos attiecībā pret zemi, izmantojot 4-10 kontrolpunktus uz zemes ar zināmām koordinātām, kuras iegūst no atvērtajiem ģeotelpiskiem datiem.



Rezultātu pasniegšana

- Ārējās orientācijas rezultātus var eksportēt, piemēram, kā Google Earth .kml failu vai kā Esri World failu.
- Gala produkta izvēle atkarīga no aerofotouzņēmumu savstarpējā pārklājuma:
 - Teritorijām, kurās pārklājums ir **mazāks par 60%**, ainas var izmantot katru atsevišķi vai samontēt **mozaīkas veida fotokartē**;
 - Ja pārklājums ir **60% un lielāks**, tad var rekonstruēt **ortofoto karti, digitālo virsmas modeli (DSM) un 3D realitātes modeli**.

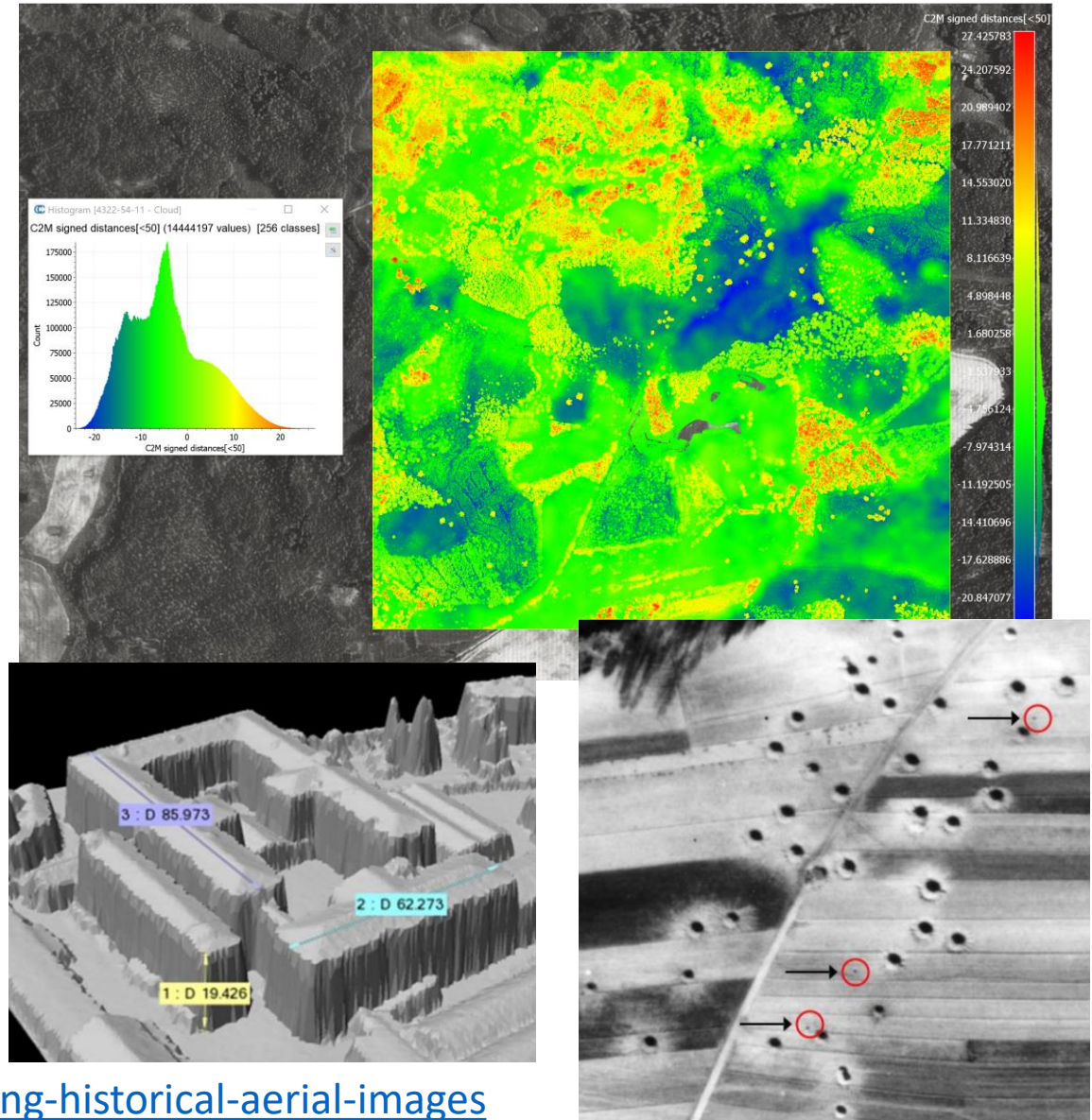


Ortofoto karte tad un tagad



Vēsturisko aerofotouzņēmumu izmantošana

- Vēsturisku vietu un notikumu izpēte
- Vides un klimata izmaiņu pētījumi
- Teritorijas izmaiņu apzināšana
- Ģeoloģisko izmaiņu analīze
- Jūras krasta erozijas pētījumi
- Vēsturiskas un zudušas ģeotelpiskās situācijas rekonstrukcija
- Kultūras un arheoloģisko pieminekļu stāvokļa izmaiņu noteikšana
- 3D modelēšana
- Nekustamu īpašumu apzināšana
- Nesprāgušas munīcijas lokalizēšana



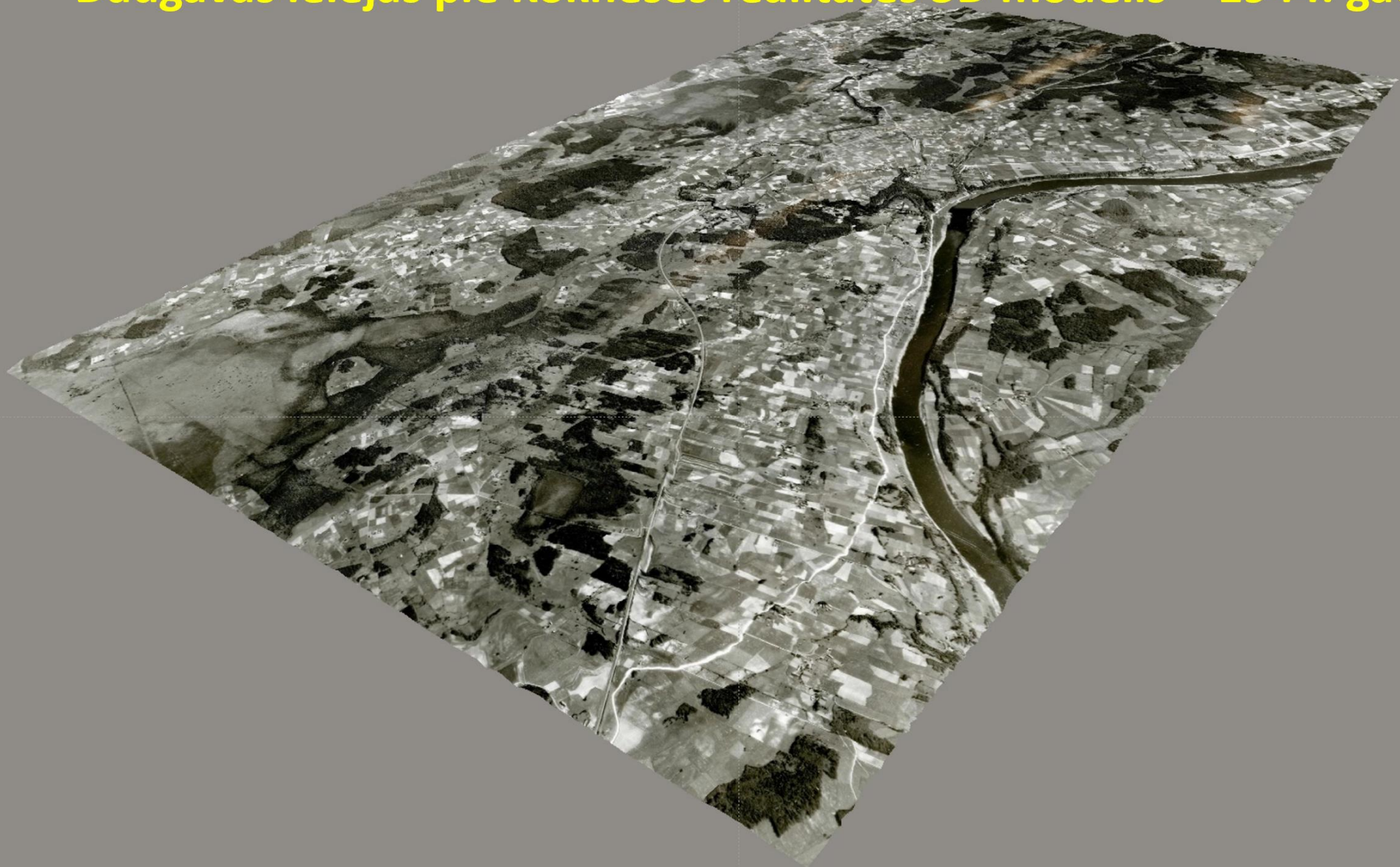
Tērvete 1937. gadā un tagad

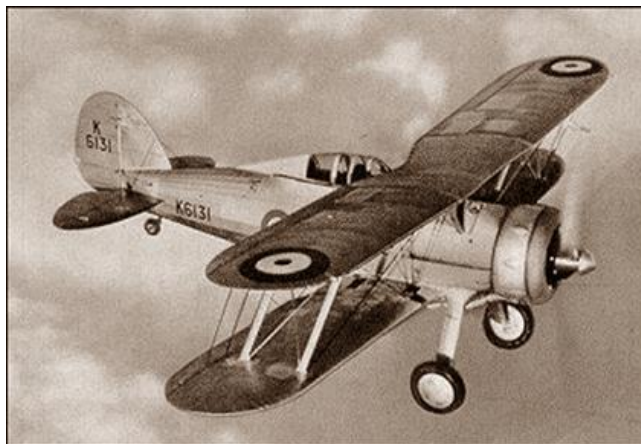


Koknese 1944. gadā un tagad



Daugavas ielejas pie Kokneses realitātes 3D modelis - 1944. gads





Paldies par uzmanību!

