

# VAATENURK

## AUTOMAATSE INFOTÖÖTLUSE ALGUS: PERFOKAARTIDEL PÕHINEVAD INFOSÜSTEEMID

Kurmo Konsa

19. sajandi lõpuks olid nii riiklikud kui ka eraettevõtete bürokraatlikud institutsioonid sel määral arenenud ja geograafiliselt laienenud, et nõudsid uusi infohaldusvahendeid ja -meetodeid. Just sel ajal võeti kasutusele hulk uusi kontoritehnoloogiaid, mis tunduvad meile igapäevaste ja isegi aegunutena, nagu kirjaklamber, kiirkõitjad, arhiivikapid jms.<sup>1</sup> Lisaks lihtsamatele töövahenditele töötati suurte infohulkade säilitamiseks, korraldamiseks ja analüüsimiseks välja ka märksa keerukamaid süsteeme. Tänapäevase automaatse digitaalse andmetöötlemise eelkäijaks võibki pidada perfokaartidel põhinevat mehaanilist andmetöötlussüsteemi, mille lõi 1880. aastatel Hermann Hollerith. Paberile kantud märkidega automaatjuhtimissüsteeme tunti aga juba varasemal ajal. Perfokaartidel põhineva infotöötlussüsteemi eelkäijaks peetakse Joseph Marie Jacquardi poolt 1804. aastal kasutusele võetud automaattelgi mustrite kangale kudumiseks ning erinevaid muusikaautomaate. Ettepaneku arvutussüsteemi juhtimiseks Jacquardi perfokaartide abil tegi 1873. aastal Charles Babbage (1791–1871), kuid tema “analüütiline masin” jäigi vaid projektiks. Sellele vaatamata loetakse Babbage’it tänapäevaste digitaalsete arvutusmasinate idee esmaseks väljapakkujaks.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vt James R. Beniger, *The Control Revolution* (Cambridge: Harvard University Press, 1986).

<sup>2</sup> Paul Ceruzzi, *Computing: A Concise History* (United States: Smithsonian Institution, 2012), 7–8.

Perfokaartidel töötavates infosüsteemides kasutati andmete säilitamiseks ja töötlemiseks perfokaarte, mis kujutasid endast standardiseeritud kujuga kartongist kaarte. Teave kanti perfokaartidele kindlate positsioonide mulgustamise teel. Hollerith leiutas mitmeid elektromehaanilisi seadmeid info kandmiseks kaartidele ja kaartide infoga töötlemiseks. Sorteermisamasina abil oli võimalik kaarte sortida perforeeritud tunnuse järgi kindlasse veergu; tabulaator võimaldas kaarte kokku lugeda ja tulemusi summeerida.

Perfokaardid osutusid väga mugavaks massandmete töötlemise vahendiks erinevates valdkondades, nagu statistika, raamatupidamine, teaduslikud arvutused jms. Perfokaarte kasutati info töötlemiseks väga laialdaselt kuni 1960. aastateni.<sup>3</sup> Vähemal määral ja üksikutes valdkondades olid need kasutusel kuni 1980. aastateni, Nõukogude Liidus isegi kuni 1990. aastateni. Perfokaartidel põhinevate infosüsteemide arengu võib jagada viide põlvkonda.<sup>4</sup> Esiteks, 1880. aastatel Ühendriikides loodud infosüsteem rahvaloendustel tekkivate andmete statistiliseks töötlemiseks. Süsteem oli kasutusel erinevates riikides kuni 20. sajandi alguseni. Teise põlvkonna moodustavad 1894. aastaks välja arendatud erinevad süsteemid statistiliste andmete töötlemiseks, mida kasutati veel isegi peale Teise maailmasõja lõppu. Kolmas põlvkond perfokaartidel põhinevate infosüsteemide arengus on seotud raamatupidamisarvestusega. Raamatupidamiseks sobivad lahendused leiti 1906. aastaks ning sellised süsteemid olid kasutusel kuni 1960. aastateni, mõnel pool hiljemgi. Neljandaks põlvkonnaks loetakse perfokaartidel põhinevaid elanikkonna registreid, mis töötati välja aastatel 1935–37 ning mis olid erinevates riikides kasutusel kuni 1960. aastateni. Viies põlvkond perfokaardiinfosüsteeme on seotud peale Teist maailmasõda kasutusele tulnud elektronarvutitega. Nimelt hakati perfokaarte kasutama andmete ja programmide sisestamiseks arvutitesse.

Senised käsitlused varastest infotöötlemise seadmetest keskenduvad ennekõike tehnilisele ajaloole, käsitledes konkreetsete seadmete ehitust ja kasutamist.<sup>5</sup> Vähem on uurimusi nende majanduslikest ja sotsiaalsetest külgedest.<sup>6</sup> Väga vähe on uuritud infotöötlussüsteemi kui terviku arengut

<sup>3</sup> Lars Heide, *Punched-card systems and the early information explosion 1880–1945* (Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2009), 252.

<sup>4</sup> See jaotus tugineb suures osas Lars Heide teosele *Punched-card systems and the early information explosion 1880–1945*.

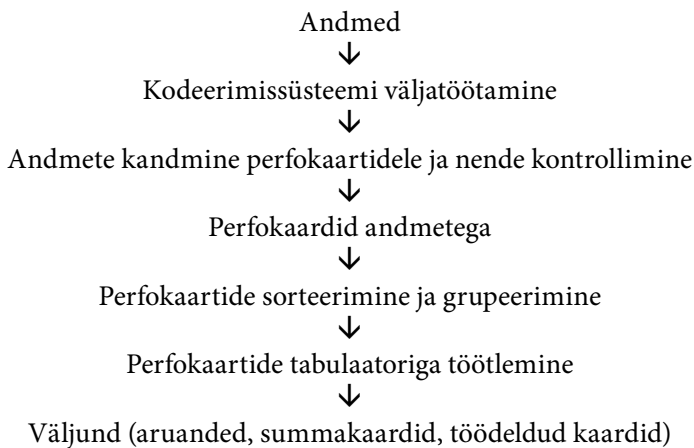
<sup>5</sup> Vt nt: Emerson W. Pugh, Lars Heide, “Early punched card equipment: 1880–1951”, *Proceedings of the IEEE*, 101: 2, (2013), 546–552; Leon E. Truesdell, *The Development of punched card tabulation in the Bureau of the Census 1890–1940* (Washington, DC: Government Printing Office, 1965); Martin Campbell-Kelly, “Punched-Card Machinery”, *Computing Before Computers*, ed. by W. Aspray (Ames: Iowa State University Press, 1990).

<sup>6</sup> Üks paremaid käsitlusi on Lars Heide, *Punched-card systems*.

ja selles toimunud muutuseid. Käesolev artikkel käsitlebki perfokaartidel põhinevate infosüsteemide arengut, näitab peamisi muutusi ning seob neid arenguid infosüsteemide loomise eesmärkidega.

Infotötlussüsteem on organisatsiooni, näiteks ettevõtte, omavalituse või riigi teabe kogumiseks, säilitamiseks ja töötlemiseks ette nähtud süsteem, mis koosneb inimestest, tehnilistest seadmetest, töötlusprotsessidest, standarditest ja reeglitest. Infotötlussüsteemi üldine struktuur ja teostatavad toimingud on küllatki üldised, sõltudes suhteliselt vähe konkreetsetest tehnilistest lahendustest. Peamised infotötlussüsteemides toimuvad protsessid on info hõive, töötlemine ja väljastamine. Perfokaarte kasutava infosüsteemi üldine struktuur on toodud joonisel 1.

Joonis 1. Perfokaarte kasutava infosüsteemi üldine struktuur



### *Perfokaarte kasutava infosüsteemi loomine rahvaloenduste tarbeks*

Esimene suuremahuline mehhaniseeritud infotöötlemise projekt oli 11. Ühendriikide rahvaloendus 1890. aastal. Põhjus, miks just rahvaloenduse andmete töötlemisel pöörduiti infosüsteemi mehhaniseerimise poole, on arusaadavalt seotud väga suurte andmemahtudega. Eelmine, 1880. aasta rahvaloendus oli oma haardelt suurem kui kõik eelnenud loendused ning isegi üheksa aasta pärast ei olnud veel selle andmete töötlemine lõpetatud.

Samas kavatseti kahekordistada 1890. aasta loendusel kogutavate andmete hulka. Oli selge, et seniste meetoditega ei ole enam võimalik kogutud andmeid töödelda. Hermann Hollerith<sup>7</sup> pakkus välja elektromehaanilise masina, mis töötleb perfokaartidele salvestatud teavet. Oma süsteemi, mida ta nimetas Hollerithi elektriliseks tabuleerimissüsteemiks (*Hollerith Electric Tabulating System*), väljatöötamisel sai ta inspiratsiooni raudteel kasutatavast piletisüsteemist.<sup>8</sup>

Infosüsteemi väljatöötamisel toetas teda rahvaloenduse büroo töötaja ja kogenud statistik John S. Billings, kes oli samuti pakkunud välja idee loendusandmete töötlemiseks üksikute kaartide abil. Hollerith töötas oma süsteemi välja 1880. aastatel. 1889. aasta septembris toimus konkurs kõige parema andmetöötlussüsteemi valikuks. Ülesandeks oli töödelda võimalikult kiiresti ja vähima vigade arvuga 10 491 inimese andmed, mis olid kogutud eelmise rahvaloenduse käigus. Lisaks Hollerithile osalesid võistlusel veel statistikud Charles F. Pidgin ja William C. Hunt. Nende pakutud süsteemid kasutasid samuti käsitsi sorteeritavaid kaarte, erinevus seisnes vaid viisis, kuidas info kaartidele kanti. Pidgin kasutas erivärvilisi trükitud kaarte, Hunt seevastu kandis teabe kaartidele eri värvi tintidega.<sup>9</sup> Võitjaks osutus Hollerithi süsteem, kus kaartide loendamine oli mehhaniseeritud. See tagas suurema kiiruse, võimaldades hoida oluliselt kokku ka tööjõukuludelt. Perfokaarte oli märksa lihtsam loendada, nende miinuseks oli aga nende väiksem infomahutusvõime: sama suurele kaardile sai kirjutades kanda märksa enam teavet. Rahvaloenduseks valmistas Hollerith ligikaudu 100 perfokaartinfosüsteemi ning rentis need kasutamiseks rahvaloenduse büroole.<sup>10</sup>

<sup>7</sup> Hermann Hollerith (1860–1929) õppis insenererialal Columbia Kaevanduskoolis (Columbia School of Mines). Peale kooli lõpetamist töötas ta 1880. aastal rahvaloenduse büroos, pärast seda Massachusettsi Tehnoloogiainstituudis (Massachusetts Institute of Technology) ning Ühendriikide Patendiametis. Ta juhtis Ühendriikide 1890. ja 1900. aasta rahvaloenduste andmete töötlemist. 1896. aastal asutas perfokaartinfosüsteeme valmistava ettevõtte Tabulating Machine Company (TMC). TMC müüdi 1911. aastal ettevõtete konglomeraati, mis sai nimeks Computing Tabulating Recording Company, mis omakorda nimetati 1924. aastal ümber ettevõtteks International Business Machines (IBM). Tema elust on kirjutatud põhjalik biograafia: Geoffrey D. Austrian, *Herman Hollerith: Forgotten giant of information processing* (New York: Columbia University Press, 1982).

<sup>8</sup> Robert L. Dorman, "The Creation and Destruction of the 1890 Federal Census", *The American Archivist*, 71: 2 (2008), 350–383.

<sup>9</sup> Heide, *Punched-card systems*, 23; Truesdell, *The Development of punched card tabulation*, 24–25.

<sup>10</sup> Pugh, Heide, "Early punched card equipment", 546–552.

1890. aasta Ühendriikide rahvaloendusel kandsid loendajad andmed käsitsi loenduslehtedele, kuhu olid eelevalt trükitud küsimused. Iga perekonna või majapidamise kohta täideti üks andmeleht. Andmelehtede töötlemine ja loendusaruannete koostamine toimus rahvaloenduse büroos. Loenduslehel kantakse ühe inimese andmed ühele perfokaardile. Algul katsetas Hollerith andmete kandmisega paberlindile, kuid eraldiseisvate kaartide kasutamine osutus märksa mugavamaks.

1890. aasta rahvaloenduse andmete töötlemiseks kasutas Hollerith 24-veerulist ja 12-realist paksemast kartongist perfokaarti, mille suurus oli 83 x 168 mm. Kaardi mulgustamiseks kasutati ümmargusi auke. Samasugust kaarti kasutati ka 1910. aasta rahvaloendusel. Kaardile ei olnud midagi peale trükitud. Andmeväljadega oli varustatud nn lugemisraam (*reading board*), mille asetamisel kaardile olid näha andmeväljad ja see, kas neid oli kaardil mulgustatud või mitte.<sup>11</sup> Andmeväljadele kanti augud perforaatori abil. Seega kaardil ei olnud mingit lisateavet peale aukude kindlatel positsioonidel.<sup>12</sup> Kaardile trükkimisest loobus Hollerith ilmselt kulutuste kokkuhoiuks.<sup>13</sup> Kogunud operaatorid suutsid andmeid lugeda ka kaardilt endalt, tuginedes ainult aukude asendile. Kaardi alumine parempoolne nurk oli diagonaalselt ära lõigatud. See tagas kaartide õige asetuse perforaatoris ja lugejas, kuna ümberpööratud või tagurpidi kaardid torkasid kohe silma.

Andmete kodeerimiseks loenduslehtedelt perfokaartidele koostati kodeerimisskeem. Kaardi esimesed neli vasakpoolset veergu olid jagatud kuueks ruuduks, igas numbrid vahemikus 1–8, mida kasutati loendusringkonna tähistamiseks. Seda kutsuti rühmaperforeeringuks (*gang punch*), kuna ühekorraga augustati 5–6 kaarti. Loendusringkondasid oli 40 000 ja neist igapähele oli antud unikaalne kood. Loendusringkonna kood koosnes järgmistest osadest: osariik (*state*), maakond (*county*), linn (*city*), kohalik osakond (*local division*) ja loendaja ringkond (*enumerator district*).<sup>14</sup>

Andmete kaardile kandmiseks kasutati ülejäänud 20 veergu ehk siis 21 välja. Väljad on ebaregulaarsed alad perfokaardil, kuhu kantakse andmed. Väljadeks (*fields*) hakkas neid kustuma Hollerith ise, kuna nad meenusid väljanägemiselt tööpoolest talunike maatükke.<sup>15</sup> Väljad olid perfokaardil samas järjestuses nagu vastavad andmelahtrid loenduslehel. Väljad algasid

<sup>11</sup> 1900. aasta rahvaloendusel kasutatud perfokaardile olid andmeväljad peale trükitud, et võimaldada ka inimesel andmeid lihtsamalt ära tunda.

<sup>12</sup> Truesdell, *The Development of punched card tabulation*, 57.

<sup>13</sup> Austrian, *Herman Hollerith*, 63.

<sup>14</sup> Campbell-Kelly, "Punched-Card Machinery", 122–155.

<sup>15</sup> Paul Beynon-Davies, *Significance: Exploring the Nature of Information, Systems and Technology* (London: Palgrave Macmillan, 2011), 148.

vasakult ülalt ning asetseid üksteise järel vastavalt kella liikumise suunale. Esmalt kanti kaardile rühmaperforeering ning seejärel kodeeriti erinevatele väljadele loendusandmed suhteliselt samas paigutuses, nagu olid küsimused loenduslehel. Toome siinkohal andmete kodeerimise näiteks esimese andmevälja, kuhu kanti teave selle kohta, kas inimene oli kodusõja veteran. Andmeväljal oli seitse võimalust teabe esitamiseks: *CM* (konföderatsiooni väed, merejalaväelane; *Confederate army, marine*), *CL* (konföderatsiooni armee, meremees; *confederate army, sailor*), *CS* (konföderatsiooni armee, maaväelane; *confederate army, soldier*), *UM* (Ühendriikide väed, merejalavägi; *United States army, marine*), *UL* (*United States army, sailor*), *US* (*United States army, soldier*) ning viimasena *No*, mis tähendas, et isik ei võtnud kodusõjast osa. Perforatsioon sobival andmeväljal tähistaski vastavat väärtust. Teine andmeväli fikseeris selle, millisel positsioonil perekonnas oli loendatav, seejuures oli võimalusi neli: *Hd* (*Head of Household*), *Wf* (*Wife*), *Mb* (*Member of Family*), *O* (*Other*).

Mõned tunnused olid kantud ka mitmele andmeväljale. Nii kanti viiendale väljale isiku vanuserühm (0–4, 5–9, 10–15 jne) ja kuuendale väljale vastav aasta vanuserühma sees (0, 1, 2, 3, 4).<sup>16</sup> Sünnikoht märgiti väljadele 10 ja 11 suurtahe ja väiketähe kombinatsioonina. Selliseid andmeväljasid oli kaardil kokku 21 (tabel 1).

Tabel 1. Ühendriikide 1890. aasta rahvaloendusel kasutatud perfokaardi väljad ja neil kajastatud tunnused

Andmevälja nr	Kirjeldatav tunnus
1	Kodusõja veteran
2	Suhted ( <i>relationship (family)</i> )
3	Rass
4	Sugu
5 ja 6	Vanus
7	Perekonnaseis ( <i>conjugal status</i> )
8	Sündinud laste arv
9	Elusate laste arv
10 ja 11	Sünnikoht
12	Ema sünnikoht
13	Isa sünnikoht
14	Ühendriikides elatud aastate arv

<sup>16</sup> 0 tähendas alla ühe aasta vanust last.

Andmevälja nr	Kirjeldatav tunnus
15	Välismaal sündinute kodakondsus
16 ja 17	Töökoht
18	Töötü olemise periood (kuudes)
19	Haridus
20	Kõneldav keel
21	Elukoha omand ( <i>tenure</i> ), kas omab farmi või maja

Andmete kandmiseks loenduslehel perfokaardile oli koostatud üksik-asjalik juhend.<sup>17</sup> Perfokaartide mulgustamiseks leiutas Hollerith panto-graaf-perforaatori. See lihtsustas oluliselt kaartide perforereerimist ja muutis selle operaatorile füüsiliselt kergemaks. See kujutas endast kaarekujulist plaati, kuhu oli vastavalt perfokaardi väljadele kantud 240 auku. Plaadile olid kantud lühendid, viitamaks konkreetsele väljale kantavale teabele. Plaadi kohale oli kinnitatud seadeldis, millega puudutati perforereeritava kohta. Mehaanilise kangisüsteemiga oli morsevõtme külge ühendatud augustaja, mis augustas plaadist otse kaugemal asetseva perfokaardi samast kohast. Tänu kangisüsteemile ei nõudnud aukude mulgustamine jõudu. Keskmiselt suutis operaator sel viisil perforereerida 500 kaarti päevas. Kaarti augustav operaator kandis kaardi paremasse serva vertikaalselt ka identifitseerimisnumbri, mis sidus kaardi loenduslehega. Tegemist oli ettevaatusabinõuga, mille tegelik eesmärk oli tagada ainult perfokaartidel toimuva andmetöötuse tunnustamine. Järgmisel, 1900. aasta rahvaloendusel kasutati veel identifitseerimisnumbrit, kuid järgnevate loenduste andmete töötlemisel sellest loobuti.<sup>18</sup>

Rahvaloenduse andmed esitati tabelite kujul. 1890 aasta loendusandmete esitamiseks oli vajalik koostada seitse erinevat tabelit. Näiteks esimeses tabelis esitati andmed soo, rassi, sünnikoha ja elukoha omandi kaupa ning teises tabelis esitati andmed soo, rassi, perekonnasisu ja vanuse kohta. Varasematel loendustel kanti andmed loenduslehtedelt tabelitesse (*tally list*) käsitsi. Tegemist oli töökindla meetodiga, kuid see nõudis palju aega ning iga tabeli koostamine nõudis kõigi loenduslehtede ülevaatamist, samuti kippusid tabelid muutuma väga suureks.

Andmete töötlemise protsess koosnes kaartide sorteerimisest ja loendamisest. Sorteerimise hõlbustamiseks leiutas Hollerith poolautomaatse sorteerimiskasti (*sorting box*). 1890. aasta loendusel kasutatud kaardil oli ühel väljal maksimaalselt 24 klassifikatsiooni. Seega oli ka sorteerimismasin

<sup>17</sup> Truesdell, *The Development of punched card tabulation*, 57–60.

<sup>18</sup> *Ibid.*, 130–131.

ehitatud nii, et kaarte oli võimalik sortida 24 erinevasse lahtrisse. Kui kaart pandi lugejasse ning kaardil oli vastav tunnus augustatud, siis avanes sorteerimiskasti õige lahtri kaas, operaator võttis kaardi lugejast, asetask selle lahtrisse ja sulges kaane. Andmete loendamiseks konstrueeris Hollerith tabulaatori, mis oli kõige originaalsem osa tema infosüsteemis. Andmete lugemiseks kaardilt kasutati lülitipressi (*circuit press*), mille ülemine, liigutatav osa koosnes 288 vedruga varustatud nõelast ja alumine osa sama arvu elavhõbedaga täidetud lohukestest tugeval kummiplaadil. Operaator asetask kaardi pressi alusele ja sulges käepidemega pressi. Läbi kaardis olnud avade sattusid nõelad kontakti elavhõbedaga, sulgesid vooluringi ning selle mõjul liikus tabulaatori loendur ühe sammu võrra edasi. Seal, kus kaardil puudus auk, vooluring ei sulgunud ning tabulaator ei loendanud tunnust.<sup>19</sup>

Tabulaatori loendurid töötasid elektromagnetitega ning iga lugejast tulnud elektrisignaal liigutas loendurkella vastaval määral edasi. Loendurkellal oli 100 jaotist ning kaks osutit. Suur osuti luges ühtesid ja väike osuti sadasid. Üks loendur registreeris kuni 9999 tunnust. Tabulaatoril oli kokku 40 loendurit. Kui partii kaarte oli loendatud, luges operaator numbriketastelt tulemused ja kandis need partiisummadena (*patch total*) vastavasse vormi. Seejärel seati loendurid jälle algusesse. Selline süsteem loendas korraga 40 tunnust, selle arvu suurendamiseks oli tabulaator varustatud releedega, mis suurendasid ühe korraga loendatavate tunnuste arvu 70-ni. Tabulaatori seadistamine soovitud loenduseks, mida tänapäevases info-töötamise keeles võib kutsuda “programmeerimiseks”, toimus lülitipressi, loendureid ja sorteerimiskasti siduvate juhtmete ümberühendamise-ga. Tegemist oli lausa nii keeruka tööga, et algselt teostas kõik programmeerimised Hollerith ise. Tabulaatoriga oli võimalik loendada kuni 40 kaarti minutis. Hollerithi süsteem koosnes seega perfokaardist, lülitipressiga varustatud tabulaatorist ja sorteerimiskastist. Seade oli elektromehaaniline ning sai voolu suurtest patareidest.

Masinate kasutamine võimaldas oluliselt kiirendada kaartide sorteerimist ja loendamist. Kui eelmise, 1890. rahvaloenduse andmete töötlemine kestis kaheksa aastat, siis seekord saadi hakkama vaid aastaga. Samuti vähendas see võrreldes andmete käsitsi töötlemisega oluliselt tekkivate vigade arvu. Siiski leiti 1880. aasta rahvaloendusel Ühendriikides elavate inimeste koguarv kahel erineval meetodil. Lisaks perfokaartidele kasutati ka inimeste käsitsi loendamise meetodit loenduslehtedelt. Nii oli võimalik kontrollida perfokaartide loendamise täpsust. Hilisematel loendus-tel sellisest kahekordsest loendamisest loobuti. Perfokaartidel põhineva

<sup>19</sup> Truesdell, *The Development of punched card tabulation*, 47–56.



infosüsteemi toimimise kontrollimiseks vaatasid ametnikud üle väikseid valimeid ning süsteemi töös vigasid ei täheldatud. Suuremahulist kontrolli ei teostatud, kuna see oleks olnud liiga töömahukas.<sup>20</sup> Hollerithi väljatöötatud süsteem oli nii edukas, et ta võitis ka järgmise, 1900. aasta rahvaloenduse andmete töötaja konkursi. Hollerith täiustas sorterit, lisades sellele mehaanilise kaartide etteandmise süsteemi, mis suurendas oluliselt kaartide lugemise kiirust.<sup>21</sup>

Enamiku statistiliste ülesannete jaoks, mis rahvaloenduse andmete töötlemisel üles kerkisid, piisas perfokaartide loendamise ning sellega sai Hollerithi tabulaator kenasti hakkama. Siiski tekkis vajadus ka arvude liitmise järele ning Hollerith asuski välja töötama liitvat tabulaatorit (*adding tabulator*), mis sai töökõlblikuks 1890. aastate teisel poolel. Järgmisel, 1900. aastal toimunud rahvaloendusel kasutati juba liitvat tabulaatorit. Uuel liitval tabulaatoril oli pistiklaud, mis lihtsustas oluliselt programmeerimist. Seni oli tabulaatorit programmeeritud juhtmete ümberühendamise teel, mis oli nii keerukas ettevõtmine, et seda teostas Hollerith isiklikult. Pistiklauda töötas välja Austria insener Otto Schäffler Viinist. Austria otsustas kasutada Hollerithi süsteemi 1890. aasta rahvaloenduse andmete töötlemiseks. Seadmete kohapealseks valmistajaks litsentsi alusel saigi Schäffler, kes oli enne valmistanud telefoniseadmeid, milles oli pistiklaud juba kasutuses. 1895. aastal võttis Hollerith pistiklauda kasutusele ka Ühendriikides valmistatud tabulaatoritel.<sup>22</sup>

Andmete mehhaniseeritud töötlemine tõi kaasa ka negatiivseid aspekte. Andmete säilitamist ei peetud väga oluliseks ning selle tulemusena hävis 1921. aastal toimunud tulekahjus suur osa ainukoopiatena säilitatavatest loenduse algdokumentidest. Suuresti juhtus see selletõttu, et andmete ülekandmist käsitsi täidetud loendusvormidelt perfokaartidele peeti mehaaniliseks protseduuriks, mitte andmete transformatsiooniks, mille käigus need võivad muutuda. Seega leiti, et kuna andmed on üle kantud, pole ka loenduslehtede säilitamine enam oluline.<sup>23</sup> Andmete erineva struktureerituse ebaoluliseks pidamine ei võimaldanud mõista iga andmekandjatüübi ja seda kasutava infosüsteemi tugevusi ja nõrkuseid. Andmed küll kanti perfokaartidele, mida masin suutis väga kiiresti sorteerida, kuid samas

<sup>20</sup> Heide, *Punched-card systems*, 27.

<sup>21</sup> Emerson W. Pugh, *Building IBM: shaping an industry and its technology* (Cambridge, MA; London: MIT Press, 1995), 9.

<sup>22</sup> Holger Zemanek, "Datenverarbeitung vor 100 Jahren, Otto Schäffler (1838–1928), ein zu Unrecht vergessener österreichischer Pionier der Nachrichten- und Lochkartentechnik", *Elektrotechnik und Maschinenbau*, 90:11, (1973), 543–550.

<sup>23</sup> Dorman, "The Creation and Destruction", 350–383.

oli kaardile kantud andmete mõistmine inimese jaoks küllatki keeruline. Tegemist oli masinloetava andmekandjaga, mida masinad suutsid kiiresti töödelda, kuid mis oli samal ajal inimesele raskesti mõistetav. Kaartide seostamiseks inimestega oli igale kaardile kantud unikaalne number, mis sidus selle konkreetse inimese nimega. Nimekiri, mis sidus numbrid nimega, oli selle infosüsteemi nõrk koht. Selle kadumisel või hävimisel puudus võimalus siduda inimesi nende kohta kogutud andmetega.

### *Eesti aladel toimunud rahvaloenduste andmete töötlemine*

Automatiseeritud infotötlussüsteeme hakati kasutama ka teiste riikide (nt Austria, Norra, Venemaa, Prantsusmaa) rahvaloenduste andmete töötlemisel. Vaatame järgnevalt põgusalt Eesti aladel toimunud rahvaloenduste andmete töötlemist.

Esimene enam-vähem tervet tänase Eesti territooriumi haarav rahvaloendus toimus 1881. aasta 29. detsembril, kui samal ajal loendati Eesti-, Liivi- ja Kuramaa kubermangude elanikkonda. Tegemist oli kohalike võimude poolt algatatud loendusega, mille tõttu ei kuulunud loenduspiirkonda Narva linn ja Kreenholmi asundus, mis kuulusid siis Peterburi kubermangu. Loendusele järgneva 22 kuu jooksul tegutses spetsiaalne loendusbüroo, kus kõik loendusandmed käsitsi läbi töötati.<sup>24</sup> Esimene kogu Tsaari-Venemaal haarav rahvaloendus toimus 28. jaanuaril 1897. aastal.<sup>25</sup> Loenduse andmete töötlemiseks rakendati Hollerithi infosüsteemi, mille kasutamiseks sõlmiti 1896. aasta detsembris ka leping.<sup>26</sup> Infosüsteemi kasutamine oli hädavajalik, kuna tegemist oli väga suurte andmemahtude töötlemisega.<sup>27</sup> Nii territooriumi suuruselt kui ka elanike arvult ületas Tsaari-Venemaa oluliselt Ühendriike, kus Hollerith oli kuus aastat varem oma süsteemi rahvaloendusel edukalt kasutanud. Venemaa loenduse tarbeks kasutas Hollerith Ühendriikides toodetud seadmeid, mis monteeriti kokku Peterburis. Seadmete kokkupanemise ja süsteemi töökorras hoidmise eest vastutas Ühendriikide spetsialist. Venemaa valitusele renditi 35 kasutatud masinat ning müüdi 500 perforaatorit ja 70 tabulaatorit koos

<sup>24</sup> Ene-Margit Tiit, "Statistika ajaloost", *Eesti Statistika Kvartaliajakiri*, 2 (2011), 16–17.

<sup>25</sup> *Ibid.*, 17.

<sup>26</sup> Austrian, *Herman Hollerith*, 146.

<sup>27</sup> *Die Nationalitäten des Russischen Reiches in der Volkszählung von 1897*. Hrsg. Henning Bauer, Andreas Kappeler, Brigitte Roth. A, Quellenkritische Dokumentation und Datenhandbuch (Stuttgart: Steiner, 1991), 54–87.

sorteerimiskastidega.<sup>28</sup> Hollerith ise külastas kolm korda Venemaal, et andmete töötlemist konsulteerida.<sup>29</sup> Andmete töötlemine võttis siiski arvatust enam aega ning lõplikud loendustulemused avaldati alles 1905. aasta lõpus. Peamised põhjused, miks loendusandmete töötlemine venis, olid personali vähene koolitus, oli ju loendajaid 900 000 ja andmetöötlejaid 2600;<sup>30</sup> samuti kohalike võimude vähene abi ja kodeerimissüsteemi puudused.<sup>31</sup>

Eesti Vabariigi esimene rahvaloendus (tuntud kui "I Eesti rahvalugemine" või ka "demograafiline tsensus") toimus 1922. aastal. Loenduse kriitiline moment oli 28. detsembri varahommikul kell 00.00. Loendusprogrammi arutamiseks loodi ja kutsuti kokku Riigi Statistika Nõukogu, mis koosnes ministeeriumite, omavalitsusasutuste ja teiste riigiasutuste, samuti ülikooli esindajatest. Küsimuste valiku juures jälgiti ISI (Rahvusvahelise Statistikainstituudi) kongressil antud soovitusi. Loendusküsimustik oli varasematest loendustest märksa põhjalikum. Kasutati kolme loendusdokumenti: isikukaarti, mis täideti iga isiku kohta, korterilehte, mis sisaldas andmeid eluruumi ja leibkonna kohta, ning majaümbrikku, kuhu koguti kokku maja kohta täidetud loendusdokumendid. Andmete töötlemiseks kasutati Prantsuse statistiku ja inseneri Lucien Marchi (1859–1933)<sup>32</sup> konstrueeritud mehaanilist arvutusmasinat (*classi-compteur*). Selliseid masinaid telliti kaks tükki. Masinal töötas kaks inimest: etteütleva ja arvestaja. Andmed sisestati ankeetidelt klahvistiku abil masinasse, mis loendas klahvivajutusi. Kuna seadmel oli 60 klahvi, siis sai korruga loendada kuni 60 tunnust. Kaarte loendati haldusüksuste kaupa. Kui näiteks ühe valla andmed olid sisestatud, määras arvestaja, missuguse tunnuse järgi tuleb andmed sorteerida ja summeerida, ning masin trükkis välja vajalikud tabelid. Loendustulemuste analüüs arvutusmasina abil toimus kiiresti, selleks kulus kõigest üks kuu.<sup>33</sup> Seade ei kasutanud perfokaarte ning selle eelised Hollerithi süsteemi ees olid seotud ennekõike lihtsuse ja odavusega. Samuti

<sup>28</sup> Ol'ga Anan'eva, Pervaya vseobshchaya perepis' v Rossii. 1999. <http://informat444.narod.ru/museum/pres/pl-6-99.htm>.

<sup>29</sup> Friedrich W. Kistermann, "The Invention and Development of the Hollerith Punched Card", *Annals of the History of Computing*, 13:3 (1991), 245–259.

<sup>30</sup> James W. Cortada, *Before the computer: IBM, NCR, Burroughs, and Remington Rand and the industry they created, 1865–1956* (New Jersey: Princeton University Press, 2000), 46; Austrian, *Herman Hollerith*, 148.

<sup>31</sup> David Konstantinovich Zhak, *Mehanizirovannaya rasrabotka materialov perepisei naseleniya SSSR* (M.: Gosstatizdat, 1958), 12.

<sup>32</sup> Michel Armatte, "Lucien March (1859–1933) Une statistique mathématique sans probabilité?" *Journ@l Electronique d'Histoire des Probabilités et de la Statistique*, 1:1 (2005). <http://www.emis.de/journals/JEHPS/Mars2005/Armatte.pdf>.

<sup>33</sup> 1922. a. *Üldrahvalugemise andmete läbitöötamise plaan ja tabelite sisu* (Tallinn: Riigi Statistika Keskbüroo, 1923), 9–16.

saadi loendustulemused kätte kohe andmete sisestamise järel. Prantsusmaal kasutati seda seadet esmakordselt 1901. aasta loendustulemuste analüüsimisel ning seejärel kõikidel loendustel kuni 1930. aastateni.<sup>34</sup>

Järgmine rahvaloendus toimus 1. märtsil 1934 ja see sarnanes läbiviimisel 1922. aasta rahvaloendusega.<sup>35</sup> 1. detsembril 1941, Saksa okupatsiooni tingimustes, toimus rahvastiku registreerimine. Andmete töötlemine toimus käsitsi ja sellega pidid tegelema kohalikud omavalitused.<sup>36</sup>

Nõukogude okupatsiooni aastatel toimus Eestis neli rahvaloendust: 1959., 1970., 1979. ja 1989. aastal. Loendusmetoodika oli kogu Nõukogude Liidus ühesugune: kasutati samu loenduslehti, vaid 1959. aasta rahvaloendusel olid loenduslehed erandlikult eestikeelsed. 1959. aasta rahvaloendus toimus 15.–22. jaanuaril. Loenduste algdokumendid saadeti peale loenduse lõppu Moskvasse NSV Liidu Statistika Keskvalitsusse, kus neid töödeldi ja analüüsiti.<sup>37</sup> Tegemist oli perfokaartidel põhineva infotöötlussüsteemiga. Esialgseks andmete kandmiseks perfokaartidele ja nende kontrolliks loodi 57 statistikavalitsust, mis olid varustatud perforaatoritega ПД45-2 (449 tükki), kontrollmasinatega K45-2 (448 tükki) ja sorteritega C45-6 (890 tükki).<sup>38</sup> Ettevalmistatud andmete lõplik töötlemine toimus keskses masin-arvutusjaamas. Seadmetest kasutati seal tabulaatoreid T-5M, sortereid, perforaatoreid, summaatoreid ja arvuteid. Andmete töötlemisega tegeles 700 operaatorit.<sup>39</sup> Lisaks kodumaistele seadmetele kasutati ka firma Bull (Compagnie des Machines Bull) seadmeid.<sup>40</sup>

1970. aasta üleliidulise rahvaloenduse andmed töödeldi samuti tsentraalselt Moskvas, kuid esmane töötlus toimus seekord vabariiklikul tasemel ning Moskvasse saadeti andmed tabulogrammide<sup>41</sup> kujul. Andmete töötluseks kasutati esimest korda elektronarvuteid (Minsk-32).<sup>42</sup> Järgmise, 1989. aasta rahvaloenduse juures oli Eesti NSV Statistikabüroo ülesandeks samuti vaid loendusandmed arvutisse sisestada ja magnetlindil Moskvasse

<sup>34</sup> Heide, *Punched-card systems*, 134–135.

<sup>35</sup> Ene-Margit Tiit, *Eesti rahvastiku sada aastat* (Tallinn: Post Factum, 2018), 45–46.

<sup>36</sup> Margus Maiste, Veiko Berendsen, “Rahvastiku registreerimine Eestis 1. detsembril 1941: taust, korraldus, allikad”, *Tuna*, 1 (2017), 37–57.

<sup>37</sup> Ene-Margit Tiit, “Statistika ajaloo”, *Eesti Statistika Kvartaliajakiri*, 2 (2011), 23–24.

<sup>38</sup> Vasilii Nikolaevich Krushin, Mihail Efimovitch Levit, *Mehanizirovannaya razrabotka rezul'tatov perepisei i drugikh massovĭkh statisticheskikh issledovaniĭ* (M.: Statistika, 1968), 19.

<sup>39</sup> *Ibid.*, 60–61.

<sup>40</sup> *Ibid.*, 61.

<sup>41</sup> Tabulogramm on andmete väljatrükk tabeli kujul.

<sup>42</sup> Ward Kingkade, “Content, Organization, and Methodology in Recent Soviet Population Censuses”, *Population and Development Review*, 15:1 (1989), 123–138.

töötlemiseks saata. Selle loenduse andmetest on säilinud Eestis täielik koopia.<sup>43</sup>

### *Statistiliste ülesannete lahendamiseks sobiv perfokaardisüsteem*

Rahvaloendusteks väljatöötatud infosüsteemi edasiarendamisel lähtus Hollerith ettevõtete, ennekõike raudteekompaniide vajadusest statistiliste ülevaadete järele. Esimene perfokaardiinfosüsteemi rakendus väljaspool rahvaloendusi oligi seotud raudteetranspordiga. 1894. aastal töötas Hollerith välja raudtee-ettevõtete raamatupidamiseks ja statistikaks sobiva perfokaardisüsteemi. Seoses suurenenud kaubamahtudega raudteekompaniides muutusid kaubavedude raamatupidamine ja statistika 1890. aastatel üha olulisemaks ja mahukamaks ettevõtmiseks. 1895. aastal võttiski raudtee-ettevõtte New York Central and Hudson River Railroad kasutusele perfokaardisüsteemi. Hollerith töötas välja uue perfokaardivormingu, mis sobis kauba saatelehtedel leiduva teabe kodeerimiseks. Kaart oli võrreldes rahvaloendusel kasutatud kaardiga pikem (mõõtmetega 83 x 197 mm). Andmed kanti kaardile veerupõhiselt: kaardil oli 36 veergu. Siiski ei olnud üleminek veerulisele vormingule täielik. Igasse veergu olid kantud arvud 0–9, esimene veerg oli seevastu 12-positsiooniline ning kaardi kaks esimest rida olid samuti teistest erinevad.<sup>44</sup> Erinevalt rahvaloendusel kasutatud perfokaardist, kanti kaardile ainult numbriline teave. Selleks mulgustati veerus konkreetsele numbrile vastav koht. Numbrilise kodeerimise tõttu mahutas kaart enam teavet.

Tööprotsess kulges järgnevalt. Kauba saanud jaamad saatsid saatelehtede koopiad keskkontorisse, seal kanti andmed nendelt perfokaartidele. Perfokaardid summeeriti ja võrreldi andmeid kauba saatnud jaama andmetega. Summade leidmiseks oli vajalik täiendada tabulaatorit nii, et see oleks võimeline arve liitma. Hollerithi uuel liitval tabulaatoril, mida ta nimetas “ueeks liitmismasinaks” (*new integrator*), oli neli liitmisüksust, mis liitsid ühe kaardi konkreetsele veerul oleva arvu järgmisel kaardil samas veerus oleva arvuga. Loendurkellad asendati elektromagnetitega liigutavate numbriketastega, mis näitasid väikestes aknakestes summasid.<sup>45</sup>

Pantograaf-perforaator osutus seda tüüpi kaartide perforatsiooniks ebasobivaks, kuna mulgustus polnud piisavalt täpne. Probleemi lahendamiseks

<sup>43</sup> Tiit, “Statistika ajaloost”, 24.

<sup>44</sup> Pugh, Heide, “Early punched card equipment: 1880–1951”, 546–552.

<sup>45</sup> Friedrich W. Kistermann, “Hollerith Punched Card System Development (1905–1913)”, *IEEE Annals of the History of Computing*, 27:01, (2005), 56–66.

ehitas Hollerith hoopis uut tüüpi perforaatori, mis sisaldas kaardialust ja 11-klahvilist sõrmistikku. Kaart asetati alusele ning sõrmistiku vajutamisel mulgustati vastav positsioon perfokaardil. Kümne klahviga mulgustati numbreid ning 11. klahv jättis veeru mulgustamata.<sup>46</sup>

Samuti võitis Hollerith 1900. aastal konkursi põllumajandusloenduse andmete töötlemiseks. Selleks töötas ta välja kahe perfokaardiga süsteemi. Üks perfokaart kandis andmeid farmi kohta ja teine farmis kasvatatavate põllukultuuride ja loomade kohta. Farmi kohta andmete jäädvustamiseks kasutatav perfokaardi vorming oli samasugune kui firma New York Central and Hudson River Railroad jaoks väljatöötatud kaardi tüübil. Põllukultuuride ja loomade loendamiseks kanti igale kaardile andmed ühe põllukultuuri või loomatõu kohta, mida konkreetse farmis kasvatati. Selliseid kaarte tuli keskmiselt 20 ühe farmi kohta. Kuna kogutavate andmete hulk oli väiksem, siis selle perfokaardi vorming oli teine. Kaart oli lühem (83 x 143 mm) ja sellel oli 20 veergu. Kaardi perforatsioon sobis olemasolev perforaator, kuid tabulaator vajab ümberehitamist.<sup>47</sup> Nagu näha, ehitati infosüsteem üles vastavalt püstitatud ülesandele, kuigi võimaluste piires püüti kasutada olemasolevaid seadmeid ja perfokaardivorminguid.

20. sajandi alguses arendas Hollerith oma infotöötlussüsteemi edasi nii, et see oleks kasutatav lisaks suuremahulistele statistilistele uuringutele ja suurfirmade raamatupidamise auditeerimisele ka erinevate ettevõtete juures. See eeldas senise, igale konkreetsele juhtumile vastava infosüsteemi väljatöötamise asemel paindlikke ja standardiseeritud lahendusi. 1907. aastaks oli Hollerithil välja töötatud teise põlvkonna perfokaardisüsteem. Ta võttis kasutusele täiustatud 45-veerulise perfokaardi, mis oli sama suurusega kui ettevõttes New York Central and Hudson River Railroad kasutatav kaardi tüüp, kuid sellel oli rohkem veergusid. Sama suurele kaardile õnnestus mahutada enam veerge seetõttu, et kaardi lugemine muutus täpsemaks. Seniste lugemisnõelte asemel võeti kasutusele elektriline harjadel põhinev lugemisviis, mis oli täpsem ning võimaldas kaarte lugeda nende liikumise jooksul.<sup>48</sup> Kaart oli täielikult veerupõhine. Kaardil oli 45 veergu ja kümme rida, igas veerus olid numbrid vahemikus 0–9. Kaardi infomahutavus oli esimese põlvkonna perfokaardist 25% suurem. Samuti oli kaardil ära lõigatud ülemine vasakpoolne nurk. Uuel tabulaatoril oli programmeerimiseks pistiklaud, viis liitmisseadet ning see luges kuni 150 kaarti minutis.<sup>49</sup>

<sup>46</sup> Campbell-Kelly, "Punched-Card Machinery", 122–155.

<sup>47</sup> Heide, *Punched-card systems*, 53; Truesdell, *The Development of Punch Card Tabulation*.

<sup>48</sup> Kistermann, "Hollerith Punched Card System Development", 56–66.

<sup>49</sup> Austrian, *Herman Hollerith*, 242–244.

Uus sorter oli vertikaalne ning sellel oli 13 lahtrit, 12 iga veeru tarvis ning 13. lahter märgistamata veeruga kaartide jaoks. Teise põlvkonna infosüsteem võeti kasutusele terves reas ettevõtetes, näiteks Marshal Field, Eastman Kodak, National Tube, American Sheet and Tin Plate Company jt.

Statistiliste andmete töötlemiseks mõeldud teise põlvkonna infosüsteemi edasiarendamisel oli oluline samm nn automaatse rühmakontrolli (*automatic group control*) kasutuselevõtt. Et saada perfokaartidelt andmeid mitme erineva väiksema rühma kohta, oli vajalik süsteem, mis võimaldas tabulaatori abil loendada järjest perfokaardipakke ja saada kaartide summasid masina tööd katkestamata. Sageli oli vaja loendada erinevaid kvititungipakke, saada summasid iga paki loendamise järel ning lõpuks ka kogusumma. Seni oli kõiki pakke eraldi loendatud; kui üks pakk kaarte oli loendatud, peatati tabulaator ja TMC masina korral kirjutas operaator summa käsitsi üles, Powers Tabulating Machine Company<sup>50</sup> poolt loodud masina korral trükiti see välja. Selleks, et tabulaatorit ei oleks vaja peatada vahepealsete summade saamiseks, tuli leida viis, kuidas instrueerida masinat õigetel kaardipaki kohtadel summat leidma. Powersi ettevõtte võttis kasutusele erilised programmikaardid: summakaardi (*total card*) ja stoppkaardi (*stop card*). Summakaardi mulgustus pani tabulaatori summeerima eelnevaid kaarte. Stoppkaart peatas tabulaatori. Stoppkaart asetati kaardipaki sellesse kohta, kust sooviti eelnevate kaartide summat saada. Stoppkaardile järgnes summakaart. Need kaardid pandi kaardipakki kas käsitsi vahele või lisati sortimise käigus. Hollerithi süsteemis oli stoppkaardiks tühi kaart, millel oli spetsiaalne väljalõige.

Tegemist oli küllaltki töömahuka lahendusega, kuna stoppkaardid tuli lisada kaardipakki käsitsi. 1921. aastal valmis ettevõtte Tabulating Machine Company numbreid trükkiv tabulaator, mis võimaldas ka nn automaatset rühmakontrolli. See võimaldas programmeerida arvutit nii, et see summeeris kindla kaardigrupi läbimise järel kõik sellesse gruppi kuuluvad kaardid automaatselt, tabulaatorit peatamata. Stoppkaarti ei olnud enam vaja lisada ning tabulaator alustas ilma pausita järgmise kaardigrupi loendamist. Selleks, et juhtida tabulaatorit kaardile kantud teabe abil, paigutati tabulaatorile kaks järgnevad lugemisseadet. Kahe üksteisele järgneva kaardi korraga lugemine võimaldas tabulaatoril neil kaartidel olevat infot

<sup>50</sup> James Legrand Powers (1871–1927) oli Venemaal sündinud ning hiljem Ühendriikidesse emigreerunud leitaja ja ettevõtja, kes arendas peale Hollerithi lahkumist perfokaardiinfosüsteemi loendusbüroos. Peale sealt lahkumist 1911. aastal asutas Powers ettevõtte Powers Tabulating Machine Company, hilisema nimega Powers Accounting Machine Company. 1927. aastal ostis selle Remington Rand, Inc. Tegemist oli TMC ja selle järglase IBM-i kõige tõsisema võistlejaga.

võrrelda. Kuna masinal puudus mälu, siis oli kahe lugemisseadme kasutamine vältimatult vajalik. Kui kaartidel oli varem kindlaksmääratud positsioon, mida kutsuti “rühma indikaatoriks” (*group indicator*), siis tabulaator peatus ja summeeris kogu eelneva paki tulemuse. Seejärel asus tabulaator loendama järgmist kaartide rühma. Tegemist oli esimese näitega nn tingimuslikust programmeerimisest (*conditional programming*), kus perforaatorite töötlemist juhiti kaartidel leiduva teabega.

Teine oluline arendus oli operaatorile kergesti käsitsetava ja võimalikult vähe vigu tegeva perforaatori loomine. Sellega tegelesid nii Tabulating Machine Company kui ka Powersi ettevõtte. Powersi elektrimootoriga käivitavat perforaatorit 1916. aastast kutsuti “automaatseks perforaatoriks” (*automatic key punch*). Tabulating Machine Company elektromagnetiga töötav “elektriline perforaator” (*electric key punch*) valmis 1917. aastal. TMC masinasse pani ikkagi operaator kaardi käsitsi sisse ja võttis peale mulgustamist ära. Alles 1929. aastal valmis ettevõttel International Business Machines (IBM) automaatse kaardisestuse ja -väljutusega perforaator, mis oli omadustelt sarnane Powersi 1916. aasta perforaatoriga.

TMC võttis 1917. aastal kasutusele kontrollseadme (*verifier*), millega sai kontrollida perforeerijate tööd. Sellesse asetati perforeeritud kaart ning operaator sisestas uuesti samad andmed. Kui andmed ei langenud kokku, andis kontrollseade sellest märku, lukustades sõrmistiku. Seejärel kontrolliti kaarti põhjalikumalt ning kui see osutus vigaseks, valmistati tavaliise perforaatori abil uus kaart.

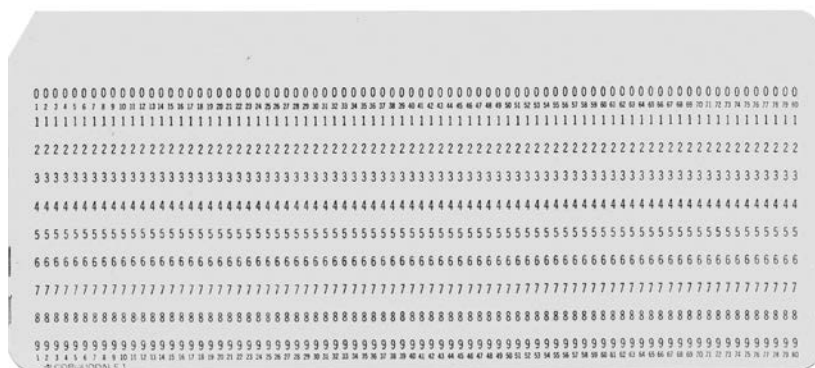
### *Perfokaardisüsteemid ettevõtete raamatupidamises*

Kolmanda põlvkonna perfokaardiinfosüsteemid töötati välja kasutamiseks raamatupidamises. Koos majanduse arengu ja laienemisega suurenes oluliselt ka kontoritöö, sealhulgas ka raamatupidamise maht. Kui 1870. aastal oli kontoritöötajate arv Ühendriikide ettevõtetes 81 619, siis aastaks 1930 oli see arv tõusnud 4,2 miljonini.<sup>51</sup> Kontoritöö arendamises mängis olulist osa mehhaniseerimine. Kasutusele tulid kirjutusmasinad ja mehaanilised käsiarvutusmasinad.<sup>52</sup> Idee kasutada ettevõtete raamatupidamises perforaatoritel põhinevat infosüsteemi oli juba 1906. aastal esitanud John Royden

<sup>51</sup> Cortada, *Before the Computer*, 32–33, 40; JoAnne Yates, *Control through Communication: The Rise of System in American Management* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1989), 80–85.

<sup>52</sup> Kirjutusmasinaid hakati tootma aastal 1874 ja esimesed liitvad käsiarvutusmasinad tulid kasutusele 1880. aastatel.





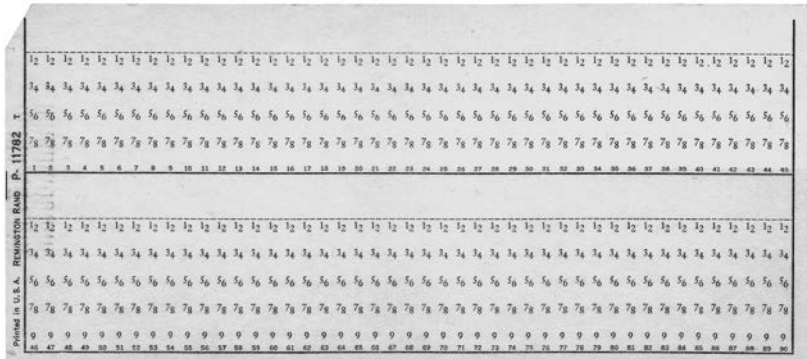
Joonis 2. Firma IBM 80-veeruline perfokaart. Kurmo Konsa erakogu

Peirce.<sup>53</sup> Tegelikus ettevõtluses kasutatavate süsteemideni jõuti 1930. aastate alguses ning täiustatud kujul jäid need kasutusse kuni 1960. aastateni.

Perfokaartidel põhineva infosüsteemi kasutamiseks raamatupidamises oli vaja seda oluliselt täiendada. Kuna infohulk kasvas, tuli suurendada perfokaardi infomahutavust. Vajalik oli suurendada tabulaatori arvutusvõimalusi, lisaks liitmisele pidi seade suutma arve ka lahutada ja korrutada. Selleks tuli muuta tabulaator programmeeritavaks, nii et see suudaks täita erinevaid ülesandeid. Samuti oli oluline, et tabulaator suudaks andmed paberile trükkida. Raamatupidamiseks sobiva infosüsteemi arendamisega alustati 20. sajandi alguses, kuid nõuetele vastavate seadmete ja protsesside kasutuselevõtmine ei osutunud lihtsaks. Tabulating Machine Company keskendus statistiliste andmete töötlemiseks sobiva infosüsteemi arendamisele ning raamatupidamissüsteemid jäid esialgu tagaplaanile. Vaba turunišši proovis hõivata 1911. aastal John Powersi poolt asutatud ettevõtte Powers Tabulating Machine Company, hilisema nimega Powers Accounting Machine Company, mis tootis raamatupidamisseadmeid.<sup>54</sup> Oma seadmetes kasutas Powers Hollerithi poolt 1907. aastal välja töötatud 45-veerulist perfokaarti. Ettevõtte töötas välja programmeeritava ja trükkiva tabulaatori, mis põhines ainult mehaanilisel konstruktsioonil. Lihtsaks programmeerimiseks oli tabulaatoril ühenduskast (*connection box*),

<sup>53</sup> H.S. McCormack, "Keeping Books by Machine: The Punched card as a savior of Brain Energy", *Scientific American*, 108 (1913), 194–195.

<sup>54</sup> Ettevõtte alustas perfokaartidel põhinevate infotötlusseadmete müügiga 1914. aastal, kuid alles 1919. aastaks oli olemas terve komplekt perfokaartidel põhineva infotötluse seadmeid: perforaator, sorter ja tabulaator. 1927. aastal müüdi kompanii firmale Remington Rand Corporation.



Joonis 3. Firma Remington Rand Corporation 90-veeruline perfokaart. Kurmo Konsa erakogu

mis võimaldas täita erinevaid ülesandeid. Erinevate tööde jaoks olid erinevad ühenduskastid, mida sai lihtsalt vahetada. Firma töötas alates 1916. aastast tekste ja numbreid trükkida võimaldava tabulaatori arendamisel. 1921. aastal valmis tabulaator, mis võimaldas trükkida piiratud tähestiku, 23 tähe ulatuses. Samas ei trükkunud see tabulaator numbreid.

1928. aastal võttis IBM kasutusele suurema mahutavusega 80-veerulise perfokaardi. Kaardi mõõtmed olid samasugused kui eelneval 45-veerulisel kaardil. Mahutavuse 78% kasv saavutati sellega, et võeti kasutusele nelinurkne mulgustus, mis võimaldas tihendada veergude arvu. Seda kaarti hakatigi kutsuma “IBM-i perfokaardiks” (joonis 2). Kaardil oli 80 veergu, mis tähistati numbritega 1–80. Kaardil oli kümme rida, igas veerus olid numbrid vahemikus 0–9. 1930. aastal lisati kaardi ülemisse ossa kaks uut rida, mida kasutati tähestiku kodeerimisel. Alumised kümme positsiooni igal veerul esindasid numbreid 0–9. Veeru kahte ülemist positsiooni nimetati tsoonimulgustusteks (*zone punch*), ülemine rida oli numbriga 12 (kasutati ka tähistust Y) ning alumine rida tähistusega 11 (või X). Tähtede kodeerimiseks augustati positsioon nendes kahes reas või nullreas koos ühe numbrirea augustusega.<sup>55</sup> Uue 80-veerulise kaardi kasutuselevõtuga tuli lahendada ka vanade kaartide töötlemise probleem. Tekkis tagasiühilduvuse probleem, mis on tänapäevaste digitaalsete infosüsteemide korral väga tavaline. Uus tabulaator oli võimalik seadistada ka vanade 45-veeruliste kaartide lugemiseks. Samuti valmistati nn reprodutseerija (*reproducer*),

<sup>55</sup> Pugh, Heide, “Early punched card equipment”, 546–552.

mis võimaldas lihtsalt kopeerida andmed 45-veeruliselt kaardilt 80-veerulisele kaardile.

Firma Remington Rand Corporation võttis 1929. aastal samuti kasutusele suurema mahutavusega, 90-veerulise perfokaardi (Joonis 3). Uus kaart põhines senisel 45-veerulisel kaardil, kuid kasutusele võeti kahekorruse-line asetuse. Kaart oli jaotatud kaheks korruseks, igal korrusel kuus rida. Igal korrusel kasutati nullrida kontrollinfo jaoks. Näiteks kasutati seda negatiivse märgi esitamiseks. Arvude kodeerimiseks jäi seega viis rida, millega sai esitada kümme numbrit. Esialgu kasutati neid kaarte ainult numbrite kodeerimiseks. Tähestiku kodeerimine lisati alles 1938. aastal, mil valmisid Remington Randi tähtnumbrilised tabulaatorid (*alphanumeric tabulator*). Kuue reaga oli võimalik esitada 63 erinevat märki, mis sisaldas täistähestikku ja kümnet numbrimärki. Remington Randi kaart mahutas enam infot võrreldes IBM-i kaardiga, kuid vaatamata sellele ei hakatud seda väga laialt kasutama. Üheks põhjuseks oli kindlasti asjaolu, et keerukama kodeerimisskeemi tõttu oli inimesel seda võrreldes varasema 45-veerulise perfokaardiga raskem lugeda ja nii valmistatigi nn tõlkija, mis trükkis kaardile teabe inimloetaval kujul.<sup>56</sup> Teiseks põhjuseks oli kindlasti ka asjaolu, et IBM-i kaart oli jõudnud juba kasutajate seas levida.

Raamatupidamises kasutamiseks oli vaja, et tabulaatoriga saaks arve lihtsalt korrutada. Arvete koostamiseks oli hädavajalik, et tabulaator suudaks leida kauba hinna, lähtudes objekti hinnast ja nende hulgast. Panekades oli vajalik intressimäärade arvutamine. Tabulaatoriga oli võimalik korrutada, tehes järjestikuseid liitmistehteid, see aga võttis aega. IBM ehitas 1928. aastal, tuginedes James Bryce'i patendile, korrutava tabulaatori IBM 600. See masin luges perfokaardilt kaks arvu, korrutab need ning mulgustas tulemuse sama kaardi tühjale väljale. Kaks aastat hiljem valmis täiustatud mudel IBM 601, mis suutis arvutada erinevaid korrutiste ja summade kombinatsioone.

1928. aastal valmistati tabulaator, mis võimaldas lahutamist. Negatiivsete arvude tähistamiseks kasutati mulgustust kaardi 11. reas. Enne seda mulgustati positiivsed arvud (kreedid) ja negatiivsed arvud (deebet) kaardi eri väljadele ning loendati eraldi tabulaatoriga. Vahed arvutati hiljem käsitsi. Teiseks võimaluseks oli leida käsitsi negatiivsete arvude komplemendid, mis mulgustati positiivsete arvudena, ning lahutamine toimus komplementide liitmisena.<sup>57</sup>

<sup>56</sup> Heide, *Punched-card systems*, 94.

<sup>57</sup> *Ibid.*, 120.

Raamatupidamises kasutatavate tabulaatorite korral oli oluline ka tekstide töötlemine. Tähtnumbriliste tabulaatorite arendamine saigi uue hoo 1930. aastatel. Peirce oli ehitanud selliseid masinaid kindlustuskompaniidele juba aastatel 1916–30. IBM hakkas arendama piiratud tähestikuga trükkivat tabulaatorit, et teha kesklaost kauplustesse saadetavatele kaubasaadetistele lihtsal viisil arveid. Trükkimine oli oluline, kuna nii kauba saatjatel kui ka vastuvõtjatel oli seda märksa lihtsam lugeda kui numbrikode. Esmalt asendati osa numbroid tabulaatori trükimasina osas lihtsalt kümne tähemärgiga. Seejärel suurendati tähemärkide arvu 12-le, mis vastasid 12-le perfokaardi reale. Seda tüüpi tabulaatorid olid IBM-i tootevalikus aastatel 1931–50.<sup>58</sup> 1931. aastal valmis IBM-i vähendatud tähestikuga tabulaator, kus kasutati 21 tähte ning ülejäänud viis tähte olid asendatud numbritega. Seda tüüpi tabulaatorid ei olnud eriti edukad nagu ka eelmised poekettide jaoks valmistatud kärbitud tähestikuga tabulaatorid. Peamiselt tarniti neid pankadele ja kindlustusfirmadele.<sup>59</sup> Täieliku tähestikuga tabulaator valmis 1933. aastal. Tähtede tähistamiseks kombineeriti omavahel mulgustus ühes kolmest ülemisest reast ja mulgustus ühes alumisest üheksast reast. See tähtnumbriline kood, mis võimaldas perfokaardil kodeerida 26 tähe- ja kümme numbrimärki, jäi kasutusse kuni perfokaardiajastu lõpuni. Koodiga oli võimalik kodeerida kõiki inglise tähestiku tähti, kuid näiteks saksa tähestikust jäid mõned täiendavad tähemärgid välja. Hilisemates tabulaatorites kasutati koodi, mis sisaldas 28 tähemärki ning neile lisaks veel kaht erimärki, näiteks *¢* ja *\**. Esimesed tähtnumbrilised tabulaatorid trükkisid kaardile vaid ühe rea (joonis 5). See ei olnud piisav arvete vormistamiseks, kuna aadressi esitamiseks oli vaja vähemalt kolme rida. Seda võimaldavad tabulaator ilmus Ühendriikide turule alles 1941. aastal.

### *Elanikkonna registrite koostamine*

Suuremahulised andmebaasid riikide elanikkonna kohta muutusid bürookraatlikes süsteemides oluliseks alates 1930. aastate keskpaigast. Esimene sedalaadi register loodi Ühendriikides 1935. aastal vastuvõetud sotsiaalkindlustusseaduse alusel.<sup>60</sup> Loodi vastav riigiasutus, Sotsiaalkindlustusnõukogu (*Social Security Board*), mis hiljem muutus Sotsiaalkindlustusametiks

<sup>58</sup> Heide, *Punched-card systems*, 122.

<sup>59</sup> *Ibid.*, 122–123.

<sup>60</sup> Social Security Act. <http://www.legisworks.org/congress/74/publaw-271.pdf>. Varasemate Saksamaal, Suurbritannias ja Prantsusmaal loodud pensionisüsteemide haldamisel kasutati trükitud toimikuid. Tegemist oli detsentraliseeritud süsteemidega, kus osales palju erinevaid organisatsioone ning puudus keskne andmebaas.

(*Social Security Administration*). Pensionisüsteemi ja töötuskindlustuse rajamine tugines palgasaajate andmebaasile, mis loodi 1937. aastal.<sup>61</sup> Töötajate identifitseerimiseks määrati neile isikukoodid, koodid said ka tööandjad. Andmete töötlemiseks ja säilitamiseks valiti firma IBM perfokaardisüsteem. Iga töötaja kohta valmistati peaperfokaart (*master card*), millel olid tema isikukood, eesnime esimesed kümme tähte, keskmise nime esimesed kolm tähte või initsiaal, perekonnanime esimesed 12 tähte, kolmenumbri-line foneetiline kood, sünnikuupäev (kuid mitte aasta), sugu, rass ning isikukoodi omistamise kuupäev. Isikukood ja nimi olid trükitud kaardi ülaseriale perfokaarditrukimasinaga (*interpreter*). Foneetilist koodi kasutati selleks, et vältida nimede erinevast hääldamisest tulenevaid vigu. See kujutas endast perekonnanime esimest tähte ning kolmenumbri-list koodi. Peaperfokaarte kasutati registreeritud inimeste indekse loomisel, mille alusel selgitati välja igale isikukoodile vastav unikaalne nimi ning seoti inimesed neile makstava töötasuga.<sup>62</sup> Kokku oli 1937. aastal nimekirjas 32 miljonit inimest. Töötasumaksud kanti samuti perfokaartidele, mis võimaldas seostada neid peaperfokaartidega. Sel viisil sorteeriti välja need inimesed, kellele oli küll makstud töötasu, kuid kelle kohta puudus peaperfokaart. Inimesele makstud töötasud kanti isikukoodide järgi registriraamatutesse (*ledger books*). Töötasukaartide kiiremaks võrdlemiseks peaperfokaartidega lõi IBM mestimismasina (*collator*), mis võimaldas töödelda kahte või enam kaardimassiivi ehk kasa ning teha nendega edasisi toiminguid. Kokkusortimine ehk mestimine<sup>63</sup> tähendas seda, et mitmest mingi tunnuse alusel järjestatud kaardipakist moodustati samal viisil järjestatud koondpakk; sorditud kaardipakist eemaldati näiteks kindlate tunnustega kaardid ning asendati teistega. Samuti varustati tabulaator trükiseadmega, mis võimaldas trükkida otse registriraamatu lehtedele.

Prantsusmaal loodi aastatel 1940–44 küllatki mahukad rahvastikuregistrid. Saksamaal prooviti samasuguseid luua aastatel 1943–44, kuid Teise maailmasõja tõttu jäi see ettevõtmine pooleli.<sup>64</sup> Perfokaartinfosüsteemidel põhinevad rahvastikuregistrid olid kasutusel 1960. aastateni, mil need asendati arvutipõhiste andmebaasidega.

<sup>61</sup> Michael A. Cronin, “Fifty Years of Operations in the Social Security Administration”, *Social Security Bulletin*, 48:6, (1985). <https://www.ssa.gov/history/cronin.html>.

<sup>62</sup> Joseph L. Fay, Max J. Wasserman, “Accounting operations of the Bureau of Old-Age Insurance”, *Social Security Bulletin*, 1:6 (1938). <https://www.ssa.gov/history/fay638.html>.

<sup>63</sup> *Eesti-inglise-saksa-vene infosõnastik*, koost Ustus Agur, A. Ariste, H. Johani, R. Kull, I. Pärtelpoeg, H. Saari (Tallinn: Valgus, 1977).

<sup>64</sup> Nende ettevõtmiste kohta vt lähemalt Heide, *Punched-card systems*, 222–248.

Rahvastikuregistrite koostamisega kaasnes perfokaartide säilitamise probleem. Perfokaarte käsitleti esmalt originaalinfo koopiatena, mida kasutati nende töötlemisel. Esmakordselt pakkus perfokaardi kui originaalinfo allika idee välja John Royden Pierce 20. sajandi alguses. Ta töötas raamatupidamise tarbeks välja mehaanilise perfokaartide süsteemi, kus erinevat infot kandsid erineva vorminguga perfokaardid. Tema süsteemis moodustas perfokaart algse infoallika, mis tähendas seda, et andmed kanti kohe perfokaardile ning mingit muud dokumenti ei vormistatud. Pierce'i poolt väljapakutud süsteem jäi kavandi tasemele ning teadaolevalt seda reaalselt ei rakendatud.<sup>65</sup> Muutus toimus neljandas põlvkonnas koos isikuregistrite ilmumisega. Siis muutusid perfokaardid unikaalseks dokumentideks. Ühendriikide sotsiaalkindlustusregister põhineski aga perfokaartidel kui originaaldokumentidel, mis säilitasid esmast teavet töötajate ja neile makstud töötasude kohta. Tegemist oli esimese kogu riiki hõlmava infosüsteemiga, mis töötas indiviidi tasemel, võimaldades riigil kontrollida üksikisikut ja temaga otse suhelda. Selle süsteemi kasutuselevõttust alates on suurt osa elanikkonnast hõlmavad andmebaasid riikide jaoks oluline töövahend.

### *Elektronarvutite perfokaardisüsteemid*

Esimesed digitaalsed universaal arvutid, mis ehitati 1930. aastatel, põhinesid elektromehaanilistel seadmetel. Ühendriikides ehitati aastatel 1939–44 Howard Aikeni juhtimisel programmjuhitav arvutusautomaat Harvard Mark I. Arvutusmasin põhines elektromagnetilistel releedel ja loenduritel, andmete sisestamine toimus käsitsi vastavalt paneelilt ning sisestati arvutusprogrammi perfolindilt. Saksamaal konstrueeris insener Konrad von Zuse aastatel 1936–44 mitmeid variante programmjuhtimisega releearvutitest. Esimese elektroonilise ehk elektronlampidel põhineva digitaalarvuti lõi ameeriklased John Vincent Atanasoff ja Clifford Berry aastatel 1939–42. Arvuti koosnes 270 elektronlambist ja pöörlevasse trumliisse ehitatud kondensaatoritest, mis talitlesid põhimäluna. Andmed sisestati perfokaartidel ning perfokaarte kasutati ka vahepealsete arvutustulemuste hoidmiseks. Teise maailmasõja tõttu jäi arvuti siiski lõpuni valmis ehitamata.<sup>66</sup> Esimene tegelikult töötav digitaalne elektrooniline arvuti oli Presper Eckerti ja John Mauchly juhtimisel Pennsylvania Ülikoolis ehitatud ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), mis sai lõplikult valmis 1946. aastal.

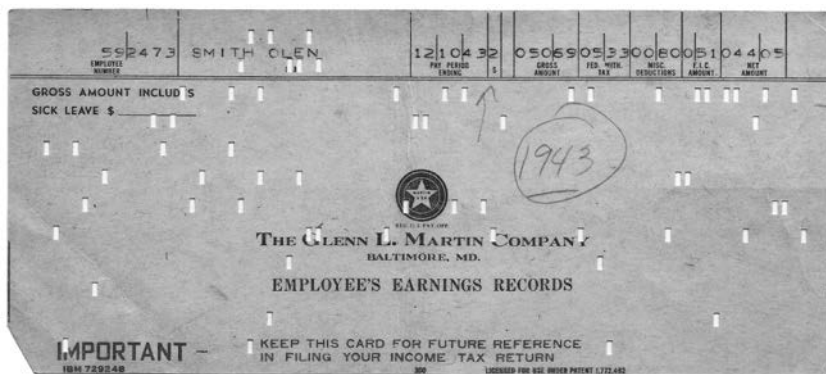
<sup>65</sup> Heide, *Punched-card systems*, 96–98.

<sup>66</sup> Gerard O'Reagan, *A brief history of computing* (London: Springer Verlag, 2012), 37–39.

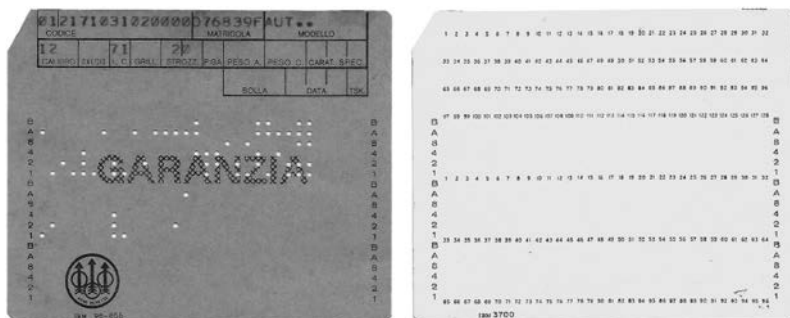
Arvuti sisaldas 18 000 elektronlampi ning andmed sisestati perfokaartidel. Tegemist ei olnud siiski universaalarvutiga, vaid jäiga programmiga, mis sisestati kommutatsioonitahvlilt, spetsiaalarvutiga ballistiliste trajektoorida arvutamiseks.<sup>67</sup> Esimesed elektronarvutid olid välise programmjuhtimisega seadmed, millele anti arvutusprogramm ette väljast ning ülesande lahendamise ajal ei olnud seda enam võimalik muuta. Matemaatik John von Neumann avaldas 1946. aastal artikli, kus ta formuleeris arvutite siseprogrammjuhtimise idee, millele tuginevad tänapäevani kõik elektronarvutid. Arvuti juhtimiseks kasutatakse käskudest koosnevat programmi, mis esitatakse kahendarvudena ja salvestatakse koos lähteandmetega arvuti operatiivmällu. Arvuti suudab käske töödelda samamoodi kui arve, millega teostatakse operatsioone. See võimaldab arvutil programmi ise muuta, mille tõttu kaob vajadus igat programmi sammu täpselt kirja panna. Valides programme, saab arvuti teostada erinevaid ülesandeid – siit ka universaalarvuti nimetus. Esimene universaalne elektronarvuti, kus seda põhimõtet rakendati, oli 1949. aastal valminud EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer). Arvuti ehitati samuti Presper Eckerti ja John Mauchly juhtimisel nagu ENIAC. Nende arvutifirma Eckert-Mauchly Computer Company valmistas 1950. aastal esimese turule jõudnud elektronarvuti UNIVAC-1 (Universal Automatic Computer).

Esimesed digitaalsed arvutid kasutasid perfokaarte peamise vahendina programmide ja andmete sisestamiseks. Info kandmiseks perfokaartidele kasutati erinevaid koodisüsteeme, mis sõltusid nii tootjast kui ka masinatüübist. Arvutid olid varustatud kaardilugejatega, mis lugesid infot perfokaartidelt ning salvestasid selle arvuti mällu. Esialgu kasutati info kodeerimisel IBM 80 kaardiga koos kasutusele võetud koodi. 1950. aastatel laiendati see kood 48-märgiliseks. Selle koodi adapteerimisel binaarseks koodiks tekkis kahend-kümnenkkood (Binary-Coded Decimal). Tegemist on kuuebitise koodiga, kus kümme numbririda kodeeritakse nelja bitiga ja sellele lisanduvad veel kaks tsoonimulgustusrea bitti. Laiendatud kahend-kümnennd-infovahetuskoodi (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code) käibelevõtuga 1964. aastal sai võimalikuks kuni kuue mulgustuse olemasolu ühes veerus (positsioon [12, 11, 0, 8, 9] + number [1–7]). Tegemist on kaheksabitise koodiga. 1969. aastal määratles Ameerika Riiklik Standardite Instituut (American National Standard Institute) 128-märgilise mulgustussüsteemi ja selle nimeks sai Hollerithi auks Hollerithi perfokaardikood (Hollerith Punched Card Code).

<sup>67</sup> O'Reagan, *A brief history of computing*, 43–45.



Joonis 4. Tähestiknumbrilisel tabulaatoril kasutamiseks ettenähtud IBM-i 80-veeruline perfokaart, mida kasutati ettevõttes seoses töötajate palgaarvestusega (1943. aasta). Kurmo Konsa erakogu



Joonis 5. Firma IBM 96-veeruline perfokaart. Vasakul perforatsioonita ning paremal perforatsiooniga kaart. Kurmo Konsa erakogu

Elektronarvutite loomisel lähtuti kogemustest ja teadmistest, mis olid kogunenud tööst perfokaartidel põhinevate infosüsteemidega. Kuna need infosüsteemid kasutasid info järjestikkust töötlemist, siis rakendati seda ka arvutite juures. Alles ajapikku saadi aru, milliseid täiendavaid võimalusi avab elektronarvutites info paralleeltöötlemine. See sai võimalikuks koos magnetketastel põhineva mälu kasutuselevõttuga.<sup>68</sup>

<sup>68</sup> George A. Fierheller, *Do not fold, spindle or mutilate: the 'hole' story of punched cards* (Markham, Ontario: Stewart Publishing & Printing, 2014), 83–85.



Alates 1969. aastast võttis IBM kasutusele uue perfokaardivormingu, kaardi suuruseks oli 82,5 x 66,7 millimeetrit. Kaardil on 96 veergu, mis paiknevad 32 kaupa kolme ülestikku asuva ribana (joonis 5). Veerus on kuus ümarmulkudega kooditavat positsiooni, mis on tähistatud alt üles järgmiselt: 1, 2, 4, 8, A, B. Seega on tegemist kuuebitise märgikoodiga. Mulkude tihedama asetuse ja väiksema positsioonide arvu tõttu on märgiesitustihedus võrreldes 80-veerulise kaardiga 3,4 korda suurem. Selle kaardi tüübi jaoks töötas IBM välja sorteri ning integreeris selle oma arvutitesse (System/3), kuid süsteemil ei olnud majanduslikku edu ning see kadus kiiresti kasutusest.<sup>69</sup>

Üleminek elektromehaaniliselt infotöötlussüsteemilt elektronarvutitele ei seisnenud infosüsteemi täielikus asendamises. IBM 650, mis oli kasutuses 1950. aastatel, luges ja kirjutas samasuguseid perfokaarte nagu eelnevad elektromehaanilised seadmed.<sup>70</sup> Elektroonilisi komponente hakati kasutama ka uute perfokaardisüsteemide juures. 1948. aastal valmistas IBM uut tüüpi, elektroonilise arvutava tabulaatori IBM 604 (Electronic Calculating Punch). Tabulaator teostas matemaatilisi tehteid ning sellel oli 20 pistiklaua abil kontrollitavat programmi.<sup>71</sup> Pikkamisi, aga kindlalt, hakkasid elektronarvutid siiski asendada elektromehaanilisi ja elektroonilisi perfokaardisüsteeme. Ühendriikide Rahvaloenduse Büroo tellis 1951. aasta märtsis firma Remington Rand elektronarvuti UNIVAC. Nii nagu perfokaardiseadmetegi korral olid just rahvaloendused see valdkond, kuhu arvutid ühena esimestest jõudsid.<sup>72</sup>

### *Perfokaartide erinevad kasutusvaldkonnad*

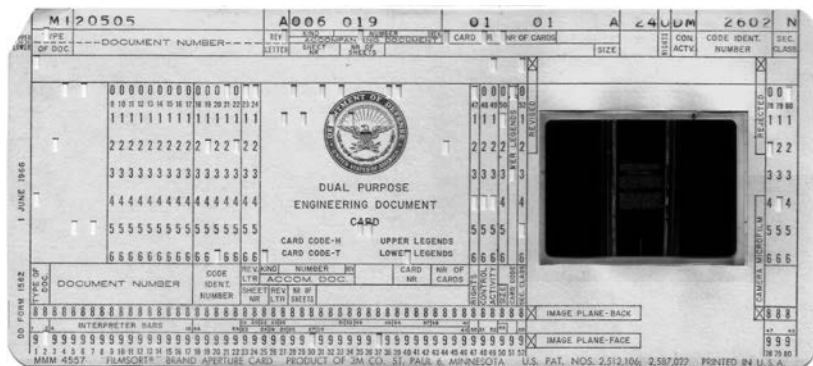
Perfokaartidel oli lisaks eelnevalt kirjeldatule veel mitmeid erinevaid kasutusvorme ja -viise. Perfokaardile kantava teabe hulk oli selgelt piiratud, samuti ei võimaldanud see salvestada näiteks visuaalseid kujutisi. Nendest puudustest ülesaamiseks võeti kasutusele apertuurkaardid (*aperture card*). Apertuurkaardid on sellised perfokaardid, millesse on monteeritud mikrofilmikaader (joonis 6). Selline kaart võimaldab salvestada suuremat hulka visuaalset teavet. Apertuurkaartidena kasutatakse nii masin- kui ka äärikaarte. Mikrofilmikaader kinnitatakse kaardile lõigatud avausse

<sup>69</sup> IBM 96-column card. [http://fileformats.archiveteam.org/wiki/IBM\\_96-column\\_card](http://fileformats.archiveteam.org/wiki/IBM_96-column_card).

<sup>70</sup> José-Marie Griffiths and Donald W. King, "US Information Retrieval System Evolution and Evaluation (1945–1975)", *IEEE Annals of the History of Computing* 24, 3 (2002), 42.

<sup>71</sup> Pugh, Heide, "Early punched card equipment", 546–552.

<sup>72</sup> *Ibid.*



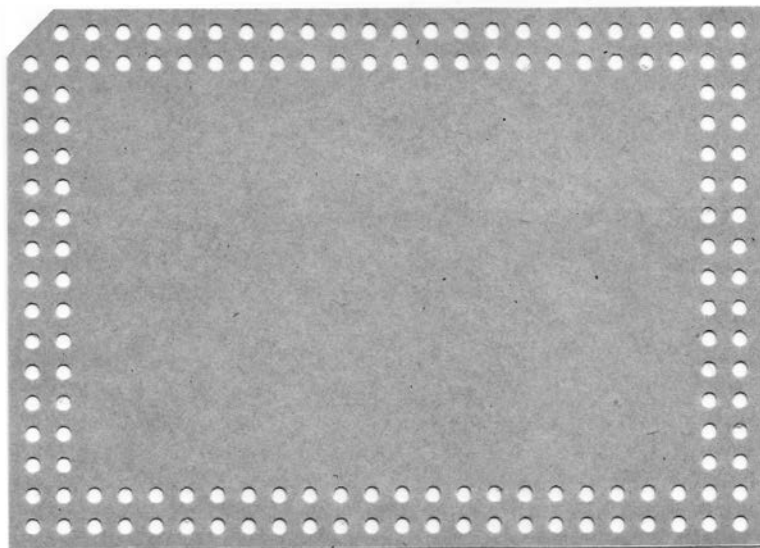
Joonis 6. Apertuurkaart koos lisatud mikrofilmiga. Kurmo Konsa erakogu

lõbipaistva kleplindiga. Kaardile kantakse masinloetaval kujul meta-andmed mikrofilmil oleva dokumendi kohta.

Apertuurkaardi leiutas John F. Langan, kui ta töötas Teise maailmasõja aastatel Ühendriikide Militaarluureteenistuse (Office of Strategic Services (OSS)) visuaaldokumentide osakonna juhina. OSS pöördus kodanike poole üleskutsega saata neile fotosid vaenlastest ja okupeeritud Euroopa riikidest, et saada võimalikke luureandmeid. Üleskutse tulemuseks olid miljonid fotod, mis vajasisid kirjeldamist ja süstematiseerimist. 1943. aastal võetigi kasutusele apertuurkaartide süsteem. Kõik fotod pildistati ümber 35- millimeetrisele mikrofilmile ja monteeriti perfokaartidele. 1950. aastal sai Langan patendi oma väljatöötatud süsteemile. Ta müüs oma õigused kahele OSS-i kolleegile, kes rajasid ettevõtte Film 'N File, Inc., mis 1951. aastast kandis nime Filmsort, Inc.<sup>73</sup> Laialdaselt kasutati apertuurkaarte Ühendriikide armees. Kaartide ühtse standardi väljatöötamiseks lõi Ühendriikide Kaitseministeerium 1954. aastal komitee (0009 Committee), mis 1960. aasta aprillis andis välja vastavad standardid. Nendes määratleti täpselt kaartide suurus, mikrofilmikaadri asukoht kaardil, meta-andmed jm olulised tunnused.<sup>74</sup> Apertuurkaartide kasutamine levis lisaks sõjaväele ka erasektoris ning teadusasutustes. Tegemist oli infosüsteemiga, mis

<sup>73</sup> Susan A. Cady, "Microfilm Technology and Information Systems", *Proceedings of the 1998 Conference on the History and Heritage of Science Information Systems*, ed. by Mary Ellen Bowden, Trudi Bellardo Hahn, Robert Virgil Williams (Medford, NJ: Information Today, 1999), 177–186.

<sup>74</sup> Neil Roderick MacKay, *Hole in the card: The story of the microfilm aperture card* (St. Paul: Minnesota Mining & Manufacturing Company, 1966).



Joonis 7. K6 formaadis (105 x 147 mm) kaherealine sälkkaart. Kurmo Konsa erakogu

võimaldas säilitada, töödelda ning kasutada visuaalset teavet, ennekõike teaduslikke artikleid ja tehnilisi jooniseid. Apertuurkaartidel olevate mikrofilmikaadrite vaatamiseks kasutati mikrofilmilugereid, mis olid varustatud vastava lisaseadmega.

Ääreperfokaardid (*edge-notched cards*, *edge-punched cards*) on kaardi mõnest või kõigist servadest perforeeritud ühe või enama rea aukudega (joonis 7). Kaardile kantakse teave kas trükimasinaga või käsitsi. Otsimistunnused kantakse kaardi perforeeritud servadele kas sälkudena perfoaukudest kaardi välisservani või piludena. Kaartide otsimine toimub sorteerimisvarraste abil. Ääreperfokaarte kasutati peamiselt 20. sajandi keskel. Nende põhiline eelis oli see, et info töötlemiseks ei olnud vaja masinaid. Koos elektronarvutite levikuga kadusid ääreperfokaardid kasutuselt.<sup>75</sup>

### Kokkuvõte

Perfokaarte kasutavad infosüsteemid olid esimesed automatiseeritud süsteemid suuremahuliste andmete töötlemiseks. 19. sajandi lõpust kuni Teise maailmasõja lõpuni oli tegemist kõige keerukamate ja mitmekesisemaid kasutusvõimalusi pakkuvate infosüsteemidega. Peale elektronarvutite

<sup>75</sup> Vt lähemalt Silvi Roomets, *Perfokaartide kasutamine* (Tallinn: Valgus, 1970).

kasutuselevõttu vähenes nende tähtsus pidevalt, kuid nad olid siiski laialdasuses kasutuses kuni 20. sajandi keskpaigani.

Perfokaarte kasutavate infosüsteemide arendamisel saadud kogemused ja tehnilised lahendused olid aluseks järgnevate digitaalsete arvutisüsteemide loomisele. Kuna mõlemad süsteemid olid üsna pikalt paralleelselt kasutuses, võimaldas see teadmuse ülekannet süsteemide vahel.

Info masintöötlemiseks on vajalik jagada see diskreetseteks selgelt piiritletud üksusteks. Andmeüksuste esitamiseks perfokaartidel on vaja need kodeerida. Esimeste perfokaardiinfosüsteemide korral olid need kodeeringud juhtumipõhised ning töötati välja vastavalt analüüsivatele andmetele ja töötlemiseemärkidele. Edasises arengus muutusid kodeerimissüsteemid üha universaalsemaks ning nendest kujunesid välja standardid. Perfokaardid olid esimesed masinloetavad andmekandjad. Andmete kandmiseks kaardile ning nende lugemiseks ja töötlemiseks kasutati vastavaid seadmeid. Esimestel perfokaardisüsteemidel püüti säilitada andmete inimloetavust, hiljem muutusid kaardid täiesti numbripõhisteks. Perfokaartidele mahutatava info pidev kasv oli tingitud järjest keerukamatest ülesannetest, nagu ka tabulaatorite arvutusvõimaluste pidev laiendamine. Esimestele põlvkondadele iseloomulikule seadistusega muudetavale programmeerimisele lisandus tingimuslik programmeerimine perfokaartidega. Perfokaardisüsteemide arengu oluline aspekt oli ka töötlemiskiiruse suurendamine. Perfokaardisüsteemide iseloomustas ka universaalsus: kui andmed olid kord perfokaardile kantud, oli neid võimalik väga erinevatel eesmärkidel korduvalt analüüsida. Perfokaardid olid esimesed automaatselt töödeldavad andmebaasid. Samas nõudis mehaanilise infosüsteemi kasutuselevõtt tööprotsesside rangemat organiseerimist ja standardiseerimist.

*ABSTRACT: The beginning of automatic information processing: information systems on punch cards*

Toward the end of the 19th century, several different national bureaucratic institutions and private enterprises had evolved and expanded to such an extent that new information management tools and methods were necessary. The electromechanical data-processing system developed by Hermann

Hollerith in the 1880s, which operated on the basis of punch cards, can be regarded as the predecessor of modern automatic digital data-processing systems. Information storage and data processing systems were accomplished through punch cards, i.e. carton cards in a standardised form. Information was punched onto the cards by perforating in fixed positions. Hollerith invented a number of electromechanical devices that could punch information on cards and process the cards that were carrying information. The sorter machine made it possible to sort cards by the perforated marker in a column, and the tabulator enabled counting and adding up cards.

This article treats the development of punch card-based systems by demonstrating the primary modifications and correlating them with the purposes of such systems. In order to do this, I will divide the punch card-based systems into five generations. The system was created in the United States in the 1880s to process large volumes of statistical data that had been recorded in population censuses. Several countries applied this system in everyday practice up until the beginning of the 20th century. In 1894, information systems capable of processing statistical data evolved out of this development. These systems were still in use even after the end of World War II. Solutions that facilitated bookkeeping were developed by 1906; such systems served until the 1960s, in some places even longer. Population registers based on punch cards were elaborated between 1935 and 1937, and were used by various countries until the 1960s. Upon the introduction of electronic computers after World War II, punch cards were used to enter data and programs into the computers.

Punch card-based systems were the first automatic systems that were able to process large quantities of data. They were the most complex information systems from the end of the 19th century until the end of World War II, offering the most multifarious options. After the introduction of electronic computers, the application of such systems was consistently scaled back, but they were still widely in use until the mid-20th century.

The experience and technical knowledge gained while applying punch card-based information systems laid the groundwork for further digital developments in computer systems. As both of these systems were used in parallel over a considerably long period of time, knowledge was shared between them. To represent data units on punch cards, data had to be encoded. This shared knowledge resulted in significant gains in the processing of information, specifically the division of data into discrete, distinctly specified units to mechanically process information, and the representation of data units on punch cards via encoding.

The codes of the early punch card-based systems were case based, and had been elaborated according to the data to be analysed, and to the purposes of processing. Further developments made these encoding systems more universal, so that they came to be used as standards. Punch cards were the first data carriers that could be read by machines. Corresponding devices were employed to punch, read and process information on cards. The initial versions of these systems were easily read by the naked eye, but later the systems evolved to become completely number based. The constant increase in the amount of data recorded on the cards was the result of more complex tasks, as well as the growing abundance of calculation options on the tabulators themselves. Programming with changeable setups, which characterised the first generations of programming, was followed by conditional programming with punch cards themselves. Increased processing speed was one of the milestones in the development of punch card-based systems. The systems were characterised by a vast universality. Data, once recorded on the cards, was available for repeated analysis, regardless of the objective. Punch cards were the first databases that could be processed automatically. Nonetheless, operating mechanical information systems required a firmer organisation and standardisation of the working process.

**KEYWORDS:** History of Information Management, Information System, Punch Cards, Hollerith, Tabulator

KURMO KONSA is Associate Professor of Archival Studies at the Institute of History and Archaeology. \*

---

\* Correspondence: Institute of History and Archaeology, University of Tartu, Jakobi 2, 51004 Tartu, Estonia. E-mail: kurmo.konsa@ut.ee